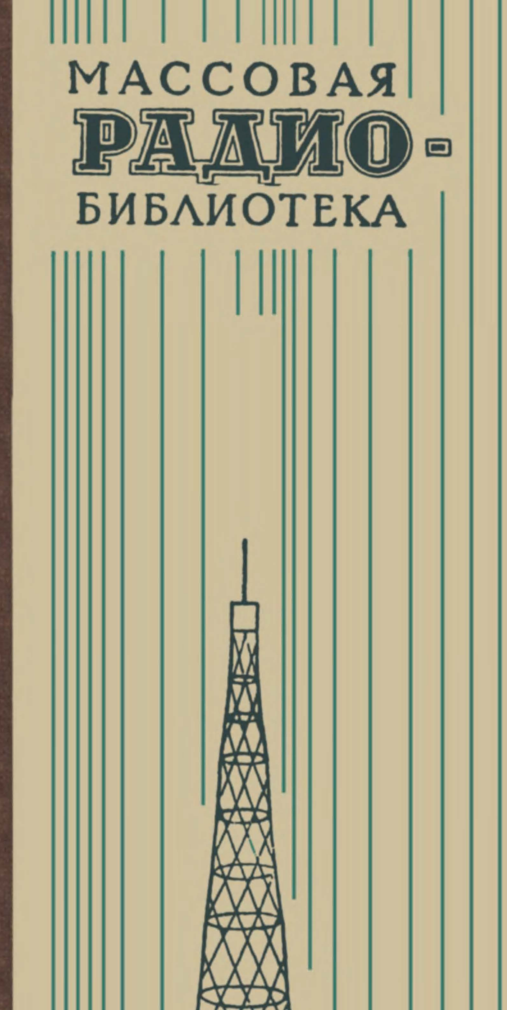


ХРЕСТОМАТИЯ РАДИОЛЮБИТЕЛЯ

МАССОВАЯ РАДИО-БИБЛИОТЕКА



ХРЕСТОМАТИЯ РАДИОЛЮБИТЕЛЯ





ГОСЭНЕРГОИЗДАТ



МАССОВАЯ РАДИО-БИБЛИОТЕКА

ВЫПУСК
283

Государственное энергетическое издательство

ХРЕСТОМАТИЯ РАДИОЛЮБИТЕЛЯ

составили

И. И. СПИЖЕВСКИЙ

и

В. А. БУРЛЯНД



Москва — Ленинград

1957

Хрестоматия содержит выборки из журнальных статей, книг и брошюр по электротехнике и радиотехнике, в которых излагаются сведения, необходимые для начинающих радиолюбителей.

Книга представляет собой пособие для радиокружков и радиолюбителей, в котором собраны материалы применительно к программе радиокружка по изучению и постройке ламповых радиоприемников.

В ней приведены описания ряда радиолюбительских приемников и простейших УКВ радиостанций; подобраны статьи по методике конструирования, налаживания радиоприемников, обнаружения и устранения в них неисправностей.

Заключительные главы посвящены ультракоротким волнам, телевидению и обзору достижений радиотехники.

ХРЕСТОМАТИЯ РАДИОЛЮБИТЕЛЯ

Редактор *Л. В. Троицкий* — Техн. редактор *Л. М. Фридкин*

Сдано в набор 25/X 1957 г. — Подписано к печати 26/XI 1957 г.

Бумага $84 \times 108^1/_{16}$ — 27,88 печ. л. — 31,7 уч.-изд. л.

Т-10439 — Цена 14 р. 20 к. — Зак. 3335 — Тир. 100000 (1-й завод 50000 экз.)

Набрано в типографии Госэнергоиздата, Москва, Китайский проезд 7, отпечатано с матриц в 1-й тип. Профиздата. Москва, Крутицкий вал, д. 18. Зак. 1374.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Устанавливая День радио, Советское правительство в своем решении особо отметило необходимость поощрения радиолюбительства среди широких слоев населения.

Наша страна, являясь родиной радио, одновременно является и родиной подлинного массового радиолюбительства, отличительные черты которого — коллективный творческий труд, организованность и целеустремленность.

Радиолюбительство в нашей стране — большая сила, помогающая прогрессу отечественной радиотехники, радиофикации колхозной деревни и массовой подготовке кадров радиоспециалистов. Наши радиолюбители всегда стремились служить своей Родине, способствовать ее техническому процветанию и культурному развитию. Коллективный характер советского радиолюбительского движения выражается в беспрерывном росте количества радиокружков.

Для радиокружков утверждена в 1953 г. программа по изучению и постройке ламповых приемников в первичных организациях ДОСААФ. Она ставит задачу ознакомить членов радиокружка с основами электротехники и радиотехники, принципами работы отдельных каскадов радиоприемников, усилителей и источников питания к ним.

Значительное внимание в программе отводится конструированию и налаживанию ламповых радиоприемников прямого усиления, а также нахождению и устранению в них неисправностей. Предусматривается также знакомство с принципом работы супергетеродинного приемника.

Занятия в радиокружке начинаются с весьма важной темы, посвященной истории и значению радио.

Несмотря на то, что программа рассчитана всего лишь на 50 часов, она охватывает большой комплекс вопросов, в которых изучение теории все время сочетается с практикой конструирования и налаживания радиоаппаратуры.

Все это усложняет подбор литературы для занятий в радиокружках. Между тем в наших журналах и популярной радиотехнической литературе можно найти значительное количество материалов, освещающих вопросы программы радиокружка. Соответствующий подбор и систематизация этих материалов в одной книге могут быть весьма полезны не только для руководителей кружков, но и для радиолюбителей.

Эти соображения явились исходными для составления данной хрестоматии.

Построение хрестоматии в основном соответствует последовательности изложения материала в программе радиокружка.

Ряд статей и отрывков из книг во втором издании заменены более новыми материалами. В соответствии с программой в главу «Ламповые приемники и усилители» включен обзор новых радиоприемников, выпускаемых отечественной радиопромышленностью. Аналогичный обзор телевизоров имеется в главе «Телевидение».

При составлении настоящего, второго, издания хрестоматии в нее внесены дополнительные материалы, которые выходят из рамок существующей программы радиокружков.

В директивах по шестому пятилетнему плану XX съезд КПСС наметил величественную программу мощного развития производительных сил нашей страны, перехода народного хозяйства на более высокий технический уровень.

Значительную роль в обеспечении непрерывного технического прогресса в народном хозяйстве призваны сыграть радиотехника и электроника.

В директивах съезда уделяется большое внимание задачам применения радиоэлектроники в науке, технике и в народном хозяйстве нашей страны. Предусматриваются широкая механизация и автоматизация производственных процессов на основе радиоэлектронных методов. Предусмотрено широко развернуть

научно-исследовательские работы по полупроводниковым приборам и расширить их практическое применение.

В 2,6 раза увеличится за пятилетие выпуск электровакуумных приборов и не менее чем в 3 раза радиоизмерительных приборов.

В 1960 г. предполагается выпустить 10 млн. 200 тыс. радиоприемников и телевизоров.

Обеспечивается широкое внедрение ультракоротковолнового радиовещания в Европейской части СССР.

Директивы съезда ставят задачу — обеспечить дальнейшее развитие радиофикации в сельской местности.

Намечена грандиозная программа развития телевидения. Сеть радиорелейных линий связи будет расширена. Начнутся работы по внедрению цветного телевидения.

Директивы съезда требуют всемерно развивать массовое движение рационализаторов, изобретателей и новаторов производства, а также обеспечить широкую пропаганду и распространение передового опыта.

Новые большие задачи встают в связи с этим перед советским радиолюбительским движением.

Перед радиолюбителями открываются широкие перспективы по освоению самого передового участка электроники—пулопроводниковой техники, развития УКВ спорта, телевидения.

Естественно, что хрестоматия должна удовлетворить запросы радиолюбителей по изучению полупроводников, ультракоротких волн, постройке простейших УКВ приемников и передатчиков и дать общие представления о телевидении.

Поэтому соответственно в главу об антеннах включена статья «Антенны ультракоротких волн». В ней рассматриваются типы антенн для любительских радиостанций и приема телевидения; в главу об электронных лампах помещены материалы об электронно-лучевых трубках и полупроводниковых приборах; в главу «Ламповые приемники и усилители» — списание приемника на полупроводниковых триодах. В конце книги имеются две новые главы — «Ультракороткие волны» и «Телевидение».

Материал для хрестоматии подбирался из статей, помещавшихся в журнале «Радио», некоторых других технических журналах и отдельных отрывков из книг и брошюр по радиотехнике.

В большинстве эти материалы приводятся без изменений, но иногда в них приходилось делать сокращения или дополнения. Это вызывалось сложностью изложения, либо тем, что материал несколько устарел или повторял содержание других статей.

Подбирая материалы, мы старались, чтобы изложение было доступным для начинающих радиолюбителей.

Однако некоторые статьи рассчитаны на руководителей радиокружков и наиболее успевающих кружковцев, которые пожелали бы углубить свои знания.

С этой же целью в конце каждой главы предлагается список книг и статей, вышедших в свет в последние три-четыре года. Считаем необходимым предупредить читателей, что в продаже этих книг и брошюр давно уже нет и рассчитывать на ознакомление с ними можно только через библиотеки.

В хрестоматию, кроме приемников прямого усиления, включено описание только одного супергетеродина — РЛ-1, весьма популярного среди радиолюбителей. В главах, посвященных конструированию, налаживанию приемников и устранению в них неисправностей, подобран материал, строящийся в основном на схеме приемника РЛ-1.

Этот приемник построен на лампах металлической серии. Для тех радиолюбителей, которые пожелают познакомиться с более поздними разработками приемников, мы рекомендуем «Супергетеродин на новых лампах». Описание этого приемника было приведено в № 1 журнала «Радио» за 1957 г.

До сих пор хрестоматии для радиолюбителей нигде не издавались. Первое издание этой книги и было первым опытом подобного подбора материала для начинающих радиолюбителей.

Выпуская в свет второе издание, составитель и редакция Массовой радиобиблиотеки с признательностью примут отзывы, пожелания и замечания по этой книге. Наш адрес: Москва Ж-114, Шлюзовая набережная, 10, Госэнергоиздат, Редакция «Массовой радиобиблиотеки».

Редакция Массовой радиобиблиотеки



ГЛАВА ПЕРВАЯ

ИСТОРИЯ и ЗНАЧЕНИЕ РАДИО

АЛЕКСАНДР СТЕПАНОВИЧ ПОПОВ[1]

В Москве на Ленинских горах, на широкой площади парка, разбитого у подножия величественного здания Московского государственного университета имени Ломоносова, есть аллея корифеев отечественной науки, олицетворяющих ее славу.

У выхода из аллеи к университету, с правой стороны, помещен бюст Александра Степановича Попова, гениального изобретателя радио. Он как бы прислушивается к песне, льющейся из мощного громкоговорителя, установленного над барельефом, венчающим вход в здание университета.

В это же время миллионы громкоговорителей по всей необъятной нашей стране поют ту же песню, которая раздается здесь, на Ленинских горах. Ее слушают в колхозных станах и в транссибирских экспрессах, в матросских кубриках черноморских кораблей и в санаториях на Рижском взморье.

В солнечных лучах мелькает серебристый самолет, летящий к Внуковскому аэродрому, и мы знаем, что бортрадист уже получил по радио указания о посадке.

На полярных станциях сейчас начался дневной радиообмен. Передают сводки погоды. «Эфир» наполнен голосами дикторов, музыкой, пением, дробью быстродействующих телеграфных аппаратов. Работают радиолокаторы, посылая чудодейственные очереди своих импульсов. У экранов телевизоров сотни тысяч «болельщиков» смотрят воскресный футбольный матч.

День советского радио в разгаре.

И всему этому широчайшему развитию радио положил начало человек, у бюста которого остановились сейчас экскурсанты.

Экскурсовод уже успел сообщить им, что А. С. Попов родился 16 марта 1859 г. в Турьинских рудниках Верхотурского уезда Пермской губернии (ныне Краснотурьинск Свердловской области) и ему было 36 лет, когда он изобрел радио.

Перед нами возникает яркий образ ученого-патриота, работавшего не покладая рук для счастья своего народа.

Александр Степанович Попов был ученым-физиком. Он окончил физико-математический факультет Петербургского университета (1882 г.), в то же время он был отличным инженером.

В те годы электротехника была отделом физики, а специальное электротехническое образование только начинало вводиться. Передовые электротехники вышли из числа физиков,



Бюст А. С. Попова у здания Московского университета.

[1] По разным источникам.



Александр Степанович Попов.

самостоятельно изучавших применение электричества в лабораториях, на практике и по литературе. И не случайно А. С. Попов, оставленный для подготовки к профессорскому званию при университете, переходит на службу в Кронштадтскую минную школу.

Минная школа и Минный офицерский класс, составлявшие единое целое, были первым электротехническим учебным заведением в России. Здесь имелись лаборатории, значительно превосходившие университетские. В Минной школе работали многие выдающиеся русские электротехники. Здесь велась большая научно-исследовательская работа по электричеству и магнетизму, а физический кабинет школы по праву считался лучшим в России.

Вот почему молодой ученый предпочел занятиям в университете скромную работу ассистента в Минном офицерском классе. Его влекла возможность серьезно заняться электротехникой. И вот это замечательное сочетание ученого-физика и практика-инженера позволило А. С. Попову поставить на службу человечеству электромагнитные волны, создать аппаратуру, пригодную для эксплуатации, и осуществить первую в мире радиопередачу.

В Кронштадте ученый прожил 18 лет. С этим периодом его жизни связаны все основные изобретения и работы по оснащению русского флота радиосвязью.

Деятельность А. С. Попова, предшествовавшая открытию радио,— это неутомимые исследования в области электричества, магнетизма и электромагнитных волн.

Своим изобретением А. С. Попов подвел итог работы большого числа ученых ряда стран мира. Еще в середине XVIII столетия гениальный русский ученый-энциклопедист Михаил Васильевич Ломоносов, утверждая, что свет распространяется колебательным движением подобно волнам, положил начало ряду блестящих исследований и открытий, доказавших родство двух явлений природы: световых и электрических.

Исключительно важные исследования великого английского физика Майкла Фарадея (1791—1867), создателя учения об электромагнитном поле, его выдающегося соотечественника Джемса Максвелла (1831—1879) и знаменитого немецкого физика Генриха Герца (1857—1894) привели к полному перевороту в представлениях об электрических явлениях. Электромагнитная теория света Максвелла, исследования Герца, доказавшие существование электромагнитных волн, послужили прочным научным фундаментом для напряженной работы А. С. Попова.

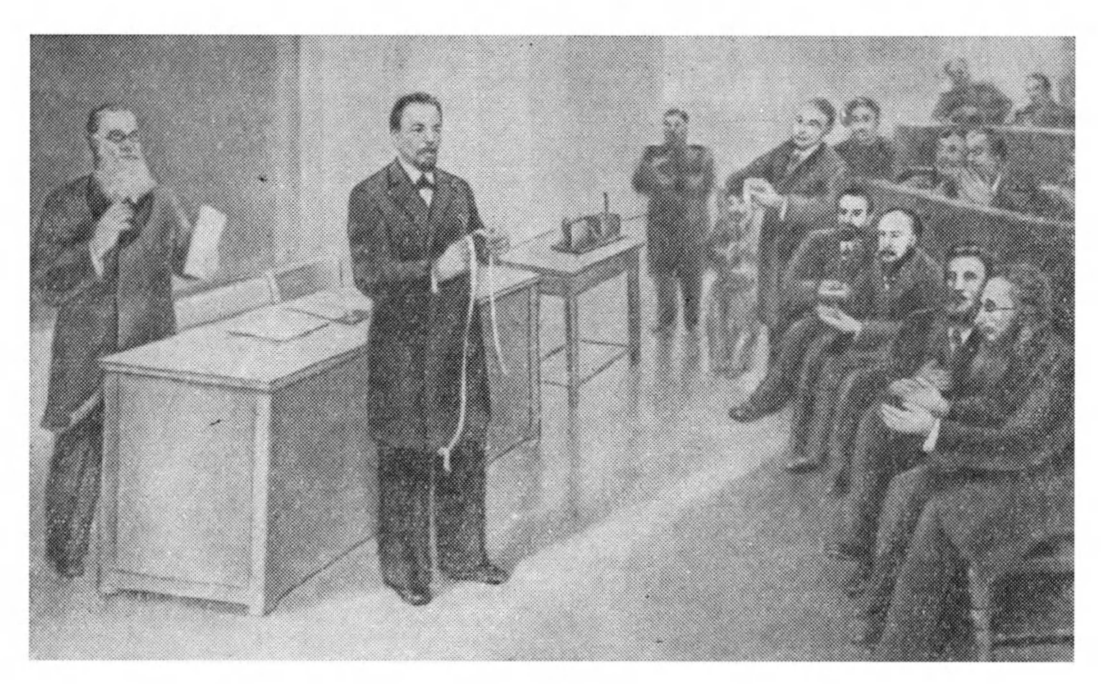
Глубокие и настойчивые труды привели ученого к выводу, что электромагнитные волны можно использовать для беспроволочной связи. Эту мысль А. С. Попов высказал в докладах и выступлениях еще в 1889 г.

7 мая 1895 г. на заседании Русского физико-химического общества А. С. Попов выступил с докладом и демонстрацией созданного им первого в мире радиоприемника.

Свое сообщение Попов закончил следующими словами: «В заключение могу выразить надежду, что мой прибор при дальнейшем усовершенствовании его может быть применен к передаче сигналов на расстояние при помо-



Генрих Герц



А. С. Попов демонстрирует впервые в мире передачу и прием радиограммы.

щи быстрых электрических колебаний, как только будет найден источник таких колебаний, обладающий достаточной энергией».

Этот день вошел в историю мировой науки и техники как день рождения радио.

Через 10 месяцев — 24 марта 1896 г. А. С. Попов на заседании того же Русского физико-химического общества передал первую в мире радиограмму на расстояние 250 *м*.

Во время опытов по радиосвязи летом 1897 г. ученый совместно со своим помощником П. Н. Рыбкиным установил связь между учебными кораблями «Европа» и «Африка» и берегом на расстоянии 5 *км*.

Тогда же было обнаружено, что электромагнитные волны отражаются от кораблей. А. С. Попов сделал вывод о возможности практического использования этого явления и дал

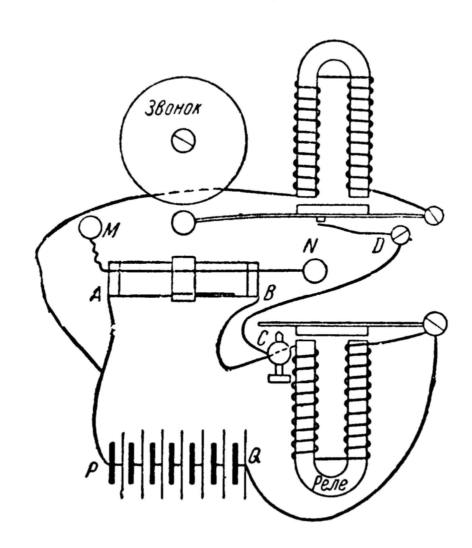
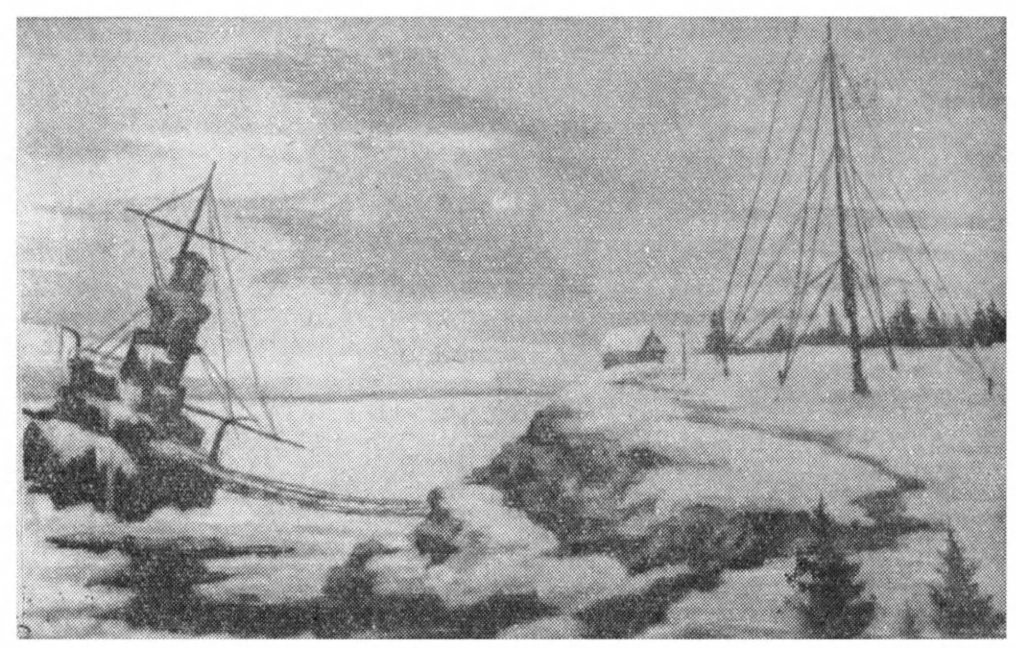


Схема первого радиоприемника А. С. Попова.

«Прилагаемая схема показывает расположение частей прибора. Трубка с опилками подвешена горизонтально между зажимами *M* и *N* на легкой часовой пружине, которая для большей эластичности согнута со стороны одного зажима зигзагом. Над трубкой расположен звонок так, чтобы при своем действии он мог давать легкие удары молоточком посредине трубки, защищенной от разбивания резиновым кольцом. Удобнее всего трубку и звонок укрепить на общей вертикальной дощечке. Реле может быть помещено как угодно.

Действует прибор следующим образом. Ток батареи в 4—5 *в* постоянно циркулирует от зажима *P* к платиновой пластинке *A*, далее через порошок, содержащийся в трубке, к другой пластинке *B* и по обмотке электромагнита реле обратно к батарее. Сила этого тока недостаточна для притягивания якоря реле, но если трубка *AB* подвергнется действию электрического колебания, то сопротивление мгновенно уменьшится, и ток увеличится настолько, что якорь реле притянется. В этот момент цепь, идущая от батареи к звонку, прерванная в точке *C*, замкнется, и звонок начнет действовать, но тотчас же сотрясения трубки опять уменьшат ее проводимость, и реле разомкнет цепь звонка».

(Из статьи А. С Попова „Прибор для обнаружения и регистрирования электрических колебаний“.)



Радиостанция А. С. Попова на о. Гогланд.

отправные идеи, положенные теперь в основу радионавигации и радиолокации.

Весной 1899 г. П. Н. Рыбкин и капитан Д. С. Троицкий во время опытов по радиосвязи на Транзундском рейде обнаружили возможность приема радиосигналов на слух, при помощи телефонной трубки.

В связи с этим открытием А. С. Попов разработал первый в мире радиоприемник, с телефонной трубкой, который не требовал телеграфного аппарата с записью принятого на ленту.

В этом приемнике когерер был заменен кристаллическим детектором, схема приемника значительно упростилась, а чувствительность его повысилась. Этот приемник демонстрировался в 1900 г. на Международной парижской выставке. Изобретателю была присуждена золотая медаль.

Об этом приемнике профессор М. А. Шателен по поручению Попова прочел в том же году доклад на заседании Международного электротехнического конгресса в Париже.

Осенью 1899 г. А. С. Попов провел испытания своих радиостанций на трех броненосцах Черноморского флота и достиг дальности связи свыше 20 *км*. Во время этих опытов впервые для радиостанций были применены позывные.

Но подлинным триумфом радиосвязи была знаменитая Гогландская эпопея. В первые дни нового XX века А. С. Попов осуществил радиосвязь на расстояние свыше 40 *км* между о. Гогланд и о. Кутсало, недалеко от города Котка в Финляндии. Эта первая в мире практическая линия беспроволочной связи обслуживала спасательную экспедицию по снятию с камней броненосца «Генерал-адмирал Апраксин», севшего на камни у южного берега о. Гогланд.

6 февраля 1900 г. А. С. Попов передал из Котки на о. Гогланд первую радиограмму. Она содержала приказание ледоколу «Ермак» выйти для помощи рыбакам, унесенным на льдине в море. Ледокол выполнил приказ, и рыбаки были спасены.

Последующей своей регулярной работой беспроволочный телеграф на линии Гогланд—Котка доказал преимущества радиосвязи. Успешное ее применение послужило толчком к «введению беспроволочного телеграфа на боевых судах как основного средства связи», о чем гласил соответствующий приказ по Морскому министерству.

Радио, начавшее свою практическую историю спасением людей, унесенных в море, стало новым прогрессивным видом связи XX века. Началась радиофикация русского военного морского флота, в которой участвовал и сам изобретатель радио. Этой работы он не оставил и при назначении его профессором физики Петербургского электротехнического института (сентябрь 1901 г.).

К лету этого года А. С. Попов сконструировал новые, так называемые резонаторные радиостанции по сложной схеме, отличавшиеся

точной настройкой, и осенью испытал их во время перехода Черноморской эскадры из Севастополя в Новороссийск, осуществив двустороннюю радиосвязь на расстоянии 150 *км.* Этой же осенью он создал первую линию гражданской радиосвязи в Ростове-на-Дону между портом и плавучим маяком в дельте Дона.

В разгар революционных событий, в октябре 1905 г., А. С. Попов стал первым выборным директором электротехнического института в Петербурге. Борьба А. С. Попова с правительственными репрессиями против студенчества окончательно подорвала его и без того слабое здоровье. После тяжелого объяснения с министром внутренних дел А. С. Попов скоропостижно скончался 13 января 1906 г. (31 декабря 1905 г. по старому стилю) от кровоизлияния в мозг, в возрасте 46 лет.

А. С. Попов не только изобрел первый в мире радиоприемник и осуществил первую в мире радиопередачу, но и обосновал главнейшие принципы радиопередачи. Он открыл и разработал идею многократного усиления, приемную антенну и заземление, создал новую научно-техническую дисциплину — радиоизмерения.

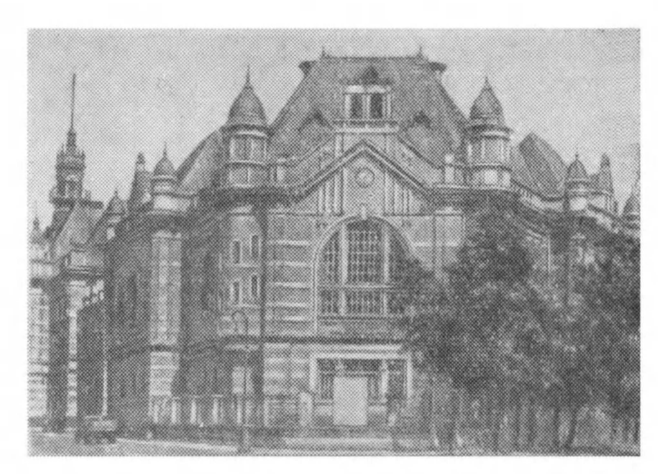
А. С. Попов осуществил первую в мире практическую линию радиосвязи на море, создал первые походные армейские радиостанции и успешно провел работы, доказавшие возможность применения радио в сухопутных войсках и в воздухоплавании, а также при корректировке артиллерийской стрельбы.

Созданием Кронштадтских мастерских по изготовлению приборов для телеграфирования без проводов А. С. Попов положил начало отечественной радиопромышленности.

Благодаря А. С. Попову впервые в России (1902 г.) началось преподавание радиотехники в высшем учебном заведении. Литографированное издание его лекций по телеграфированию без проводов, прочитанных в электротехническом институте, было одним из первых учебных пособий по радиотехнике.

В последние годы жизни Александра Степановича занимала проблема радиотелефонирования. Он руководил опытами молодого физика С. Я. Лифшица по радиотелефонированию с помощью искрового передатчика. В феврале 1904 г. А. С. Попов выступил на III Всероссийском электротехническом съезде с докладом «О новейших успехах телеграфирования и телефонирования без проводов», сопровождавшимся демонстрацией радиотелефонной передачи.

Ученый предсказал возможность соединения линии радиосвязи с проводными линиями и установку на таких линиях трансляций, чтобы обеспечить передачу сигналов на большие расстояния. Поэтому он считал весьма важным осуществление телефонной трансляции. По указанию А. С. Попова разработку этой проблемы вел его ученик В. И. Коваленков (ныне член-корреспондент Академии наук СССР), как известно, успешно разрешивший впоследствии эту сложную задачу.



Ленинградский электротехнический институт имени В. И. Ульянова (Ленина), в котором с 1901 по 1906 г. работал А. С. Попов.

Таким образом, великий изобретатель радиотелеграфа внес большой вклад и в дело развития радиотелефонии.

Ученый-патриот Александр Степанович Попов был и общественным деятелем. Он придавал большое значение научно-технической общественности. По его инициативе в 1893 г. в Кронштадте было создано отделение Русского технического общества, в руководстве которым ученый принимал участие в течение ряда лет.

За день до скоропостижной смерти А. С. Попов должен был по уставу стать председателем физического отделения Русского физико-химического общества, на заседаниях которого не раз были заслушаны исторические доклады, связанные с изобретением радио. Избранием А. С. Попова товарищем председателя общества в 1904 г. (с переходом на следующий год председателем) русские ученые подчеркнули выдающиеся заслуги гениального изобретателя перед отечественной наукой и как бы подвели итоги большой работы А. С. Попова по пропаганде научных и технических знаний. Она началась еще в 1886 г. лекциями о новейших достижениях электротехники, которые А. С. Попов читал в Кронштадтском собрании, и продолжались до последних дней жизни ученого На своих публичных лекциях он выступал как замечательный популяризатор, сочетая глубо-

кое изложение предмета с исключительно блестящими демонстрациями приборов, многие из которых делал сам.

«Надо не только рассказывать о явлениях природы, но и показывать эти явления так, чтобы они запомнились на всю жизнь» — говорил Александр Степанович.

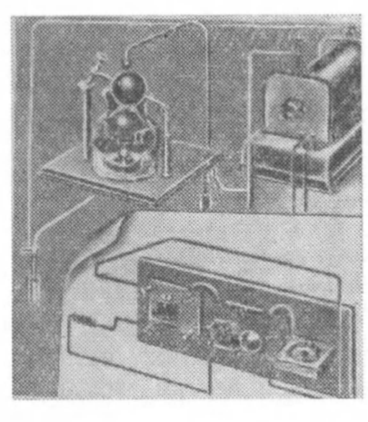
После 1895 г. эта деятельность была посвящена популяризации беспроволочного телеграфа.

Великий изобретатель радио сам являлся первым пропагандистом радиотехнических знаний. Видя общенародное значение своего изобретения, А. С. Попов стремился как можно шире популяризовать достижения в области радиосвязи. Он читал публичные лекции с демонстрацией телеграфа без проводов, используя для этого аудитории учебных заведений и трибуны различных съездов. Три последние свои лекции о беспроволочном телеграфе А. С. Попов прочел на съезде учителей народных школ (август 1905 г.).

Вся эта деятельность ученого давала свои плоды. Среди естествоиспытателей, врачей, преподавателей физики, народных учителей, железнодорожных электриков и студентов, перед которыми выступал А. С. Попов со своими лекциями, стали появляться энтузиасты новой отрасли техники.

Так в России стало зарождаться радиолюбительство. Этому способствовали и первые описания самодельных приборов для устройства беспроволочного телеграфа. Так, например, уже в 1898 г. в «Журнале новейших открытий и изобретений» была опубликована статья «Домашнее устройство опытов телеграфирования без проводов», в которой описывались самодельные радиоприемник и радиопередатчик. Эти приборы позволяли проводить опыты радиотелеграфирования на расстояние до 25 *м*.

Велик жизненный путь Александра Степановича Попова, хотя и коротка была его жизнь.



Первые самодельные приборы для искрового радиотелеграфа Слева — разрядник, справа — индукционная катушка, внизу — радиоприемник, описанные в «Журнале новейших открытий и изобретений» за 1898 г.

Искровой телеграф, созданный его гением, был тем началом, из которого на протяжении всех последующих лет родились современные радиовещание, телевидение, радиофототелеграфия, радиотелемеханика, радионавигация и радиолокация.

Советский народ по достоинству оценил заслуги гениального изобретателя и ученого-патриота перед Родиной.

В 1945 г. в нашей стране широко праздновалось 50-летие со дня изобретения радио. Юбилей отмечался 7 мая — в день, когда 50 лет назад А. С. Попов впервые публично демонстрировал свое изобретение.

В связи с этим Советское правительство установило 7 мая ежегодное празднование Дня радио

ДЕНЬ РАДИО[1]

День радио — это праздник социалистической науки и культуры, смотр наших достижений в развитии радиовещания, телевидения и радиофикации, радиотехники и радиолюбительства. В этот день советский народ чествует патриотов социалистической Родины, внедряющих радио в жизнь, смело прокладывающих новые пути в науке, отдающих все свои силы и знания делу строительства коммунистического общества.

Ко «Дню радио» приурочиваются научные сессии Всесоюзного научно-технического общества радиотехники и электросвязи имени А. С. Попова, проводимые совместно с министерствами и Всесоюзным советом по радиофизике и радиотехнике Академии наук СССР. На этих сессиях, собирающих ведущих ученых и инженеров, подводятся итоги года, обсуждаются актуальные технические проблемы и сосредоточивается внимание на нерешенных вопросах. Радиолюбительская общественность страны отмечает «День радио» многочисленными выставками радиолюбительского творчества, различными соревнованиями и вечерами.

«День радио» был установлен Советским правительством в постановлении от 2 мая 1945 г.

В постановлении Правительства «Об ознаменовании 50-летия со дня изобретения радио А. С. Поповым» говорилось: *«Учитывая важнейшую роль радио в культурной и политической жизни населения и для обороны страны, в целях популяризации достижений отечественной науки и техники в области радио и поощрения радиолюбительства среди широ-*

[1] По разным источникам.



Золотая медаль имени А. С. Попова.

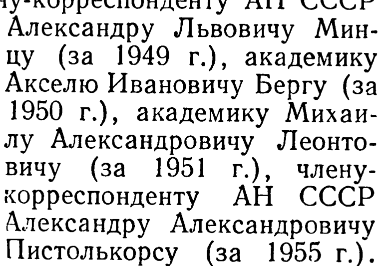
ких слоев населения, установить 7 мая ежегодный «День радио».

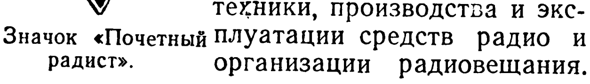
В установлении «Дня радио» отражается признание государственной важности радио как замечательного средства связи и могучего орудия коммунистического воспитания трудящихся. Установление «Дня радио» — это еще одно свидетельство огромного внимания и заботы Партии и Правительства о процветании нашей отечественной науки, о дальнейшем прогрессе советской радиотехники.

Этим же постановлением учреждались золотая медаль имени А. С. Попова и знак «Почетный радист».

Золотая медаль имени А. С. Попова присуждалась ежегодно (а теперь раз в три года) в одном экземпляре советским и зарубежным ученым за выдающиеся научные работы и изобретения в области радио.

За истекшие годы золотая медаль имени А. С. Попова присуждена: члену-корреспонденту Академии наук СССР (АН СССР) Валентину Петровичу Вологдину (за 1947 г.), академику Борису Алексеевичу Введенскому (за 1948 г.), члену-корреспонденту АН СССР Александру Львовичу Минцу (за 1949 г.), академику Акселю Ивановичу Бергу (за 1950 г.), академику Михаилу Александровичу Леонтовичу (за 1951 г.), члену-корреспонденту АН СССР Александру Александровичу Пистолькорсу (за 1955 г.).





Значок «Почетный радист».

Знак «Почетный радист» учрежден для награждения лиц, способствовавших развитию радио своими достижениями в области науки, техники, производства и эксплуатации средств радио и организации радиовещания.

ОТ ПОПОВА ДО НАШИХ ДНЕЙ[1]

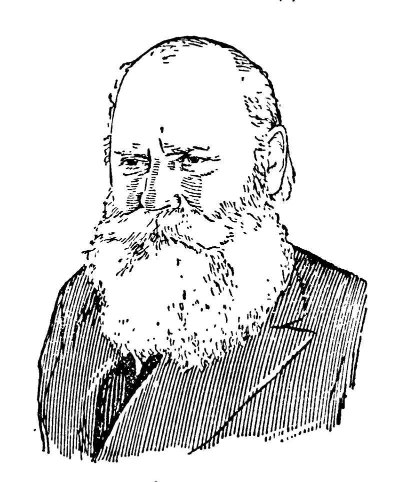
Выдающийся популяризатор и пропагандист радиотехнических знаний профессор В. К. Лебединский писал через двадцать лет после смерти А. С. Попова: «Высоким и непоколебимым памятником незабвенному изобретателю является тот богатый всход, который дали брошенные им семена. Целая плеяда талантливых людей продолжает в нашей стране его дело».

Уже в 1907 г. ученики А. С. Попова добиваются согласия Морского ведомства на перевод созданных А. С. Поповым Кронштадтских мастерских в Петербург, и в 1910 г. здесь начинает работать «Радиотелеграфное депо» — первый русский радиозавод, сыгравший большую роль в борьбе за освобождение России от иностранной зависимости в области радио.

Здесь работали выдающиеся русские радиоспециалисты, продолжатели дела А. С. Попова: М. В. Шулейкин, И. Г. Фрейман, А. А. Петровский, Н. Н. Циклинский и др.

Эта группа ученых явилась тем ядром, из которого впоследствии разрослось несколько школ советских радиоспециалистов, плодотворно работавших над развитием и укреплением советской радиотехники.

С «Радиодепо» было связано и начало деятельности в области радиотехники В. П. Вологдина, выполнившего по заданию «Радиодепо» первый русский генератор повышенной частоты. Впоследствии машины высокой частоты В. П. Вологдина получили широкую известность.



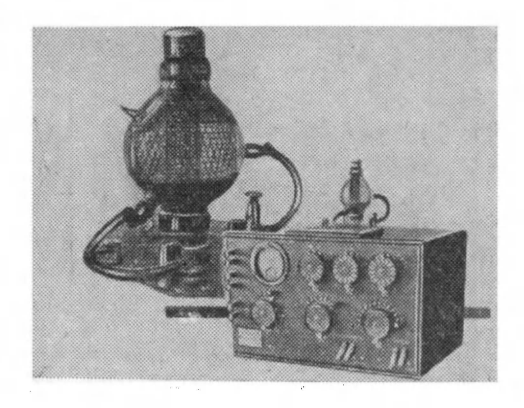
Валентин Петрович Вологдин.

В 1907 г. профессор Петербургского технологического института Борис Львович Розинг

[1] По разным источникам



Борис Львович Розинг.



Слева — первая электронная лампа, изготовленная М. А. Бонч-Бруевичем в Твери. Справа — ламповый радиоприемник, сконструированный Бонч-Бруевичем для приема незатухающих колебаний.

заложил основы современного электронного телевидения, получив патент на «способ электрической передачи изображений на расстоянии».

9 мая 1911 г. Б. Л. Розинг сконструировал действующую модель телевизионной установки и получил первое в мире простейшее изображение на экране электронно-лучевой трубки. Слава А. С. Попова была приумножена. Наша страна трудами Б. Л. Розинга стала родиной современного электронного телевидения.

В 1914 г. на Петербургском заводе Российского общества беспроволочных телеграфов и телефонов (РОБТиТ), в лаборатории которого работал Н. Д. Папалекси (впоследствии академик), стали изготовлять электронные лампы. Они были не чисто ваккумными и работали при небольшом давлении ртутных паров. На этих лампах Н. Д. Папалекси осуществил радиотелефонную передачу из Петербурга в Царское Село.

Производство первых вакуумных приемных радиоламп начал в России Михаил Александрович Бонч-Бруевич на Тверской приемной радиостанции в 1916 г. Аноды ламп делались из железной сетки в целях лучшей теплоотдачи, а для удлинения срока службы ламп в них были вставлены два катода на цоколях, расположенных друг против друга. Когда сгорал один катод, лампу переворачивали и включали другой. Применение двух катодов вызывалось трудностями откачки ламп. Эти лампы успешно конкурировали с заграничными, стоя в 6 раз дешевле и работая в 30 раз дольше импортных. Тверь понемногу снабжала лампами Петроград и радиостанции фронтов.

Ученик А. С. Попова В. И. Коваленков демонстрировал в 1915 г. делегатам съезда инженеров-электриков первую в мире телефонную двустороннюю трансляцию с ламповым усилителем. Эта установка, разработанная в электротехническом институте по совету А. С. Попова, закладывала прочную основу для дальнейшей связи по проводам и радио.

Но усилия немногочисленных передовых русских радиоспециалистов, стремившихся освободиться от иностранной зависимости в развитии радиодела, увенчались успехом только в отношении военно-морского флота благодаря созданию «Радиотелеграфного депо».

Радио, доставившее славу его изобретателю и русской науке, в последующие годы стало предметом спекуляции и наживы иностранных предпринимателей, извлекавших прибыль из отсталости царской России и продажности ее правящих кругов.

Великая Октябрьская социалистическая революция принесла трудам Попова всенародное признание и широчайшее развитие.

В Советской России радио стало важнейшим видом связи и информации, одним из главных средств политического и культурного воспитания трудящихся.

В октябрьские дни 1917 г. радио связало руководящие органы революции со всей страной. Первая радиопередача, обращенная к народу, состоялась в день победы социалистической революции. 7 ноября 1917 г. радиостанция крейсера «Аврора» оповестила мир о том, что Временное правительство низложено и государственная власть в России перешла в руки пролетариата.

Великий Ленин первым оценил радио не только как важнейший вид связи, но и как лучшее средство пропаганды, агитации, мобилизации широких народных масс.

Начиная с октября 1917 г., радиотелеграф часто передавал подписанные Лениным радиограммы: «Всем, всем, всем!».

По инициативе В. И. Ленина Советом Народным Комиссаров и Советом Труда и Обороны с 1917 и до начала 1921 г. было принято шесть декретов, наметивших большую программу развития радиостроительства в нашей стране. Среди них был декрет Совнаркома, положивший начало организации Нижегородской радиолаборатории.

Нижегородская радиолаборатория, развитию которой много помог Владимир Ильич, стала колыбелью советской радиотехники. Дважды награжденная орденом Трудового Красного Знамени, Нижегородская радиолаборатория со временем выросла, по сути дела, в научно-исследовательский радиотехнический институт государственного значения. Здесь были разработаны первые радиовещательные передатчики, налажен серийный выпуск радиоламп, зародилась и окрепла техника электровакуумного производства.

Это направление работ определялось задачами, которые поставил перед радиолабораторией В. И. Ленин.

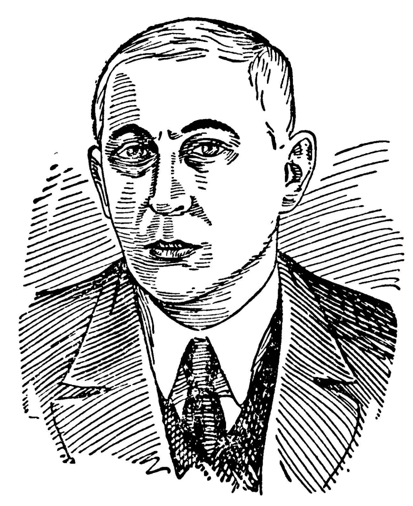
Декрет Совнаркома предлагал развивать производство радиоламп с высоким вакуумом, ориентировал лабораторию на исследования в области радиотелефонии.

В конце 1919 г. в одной из комнат Нижегородской радиолаборатории звучал голос ее руководителя М. А. Бонч-Бруевича. «Алло, алло, даю счет. Раз, два, три, четыре... Как слышно?...» Велись опыты по радиотелефонированию. 19 января 1920 г. была осуществлена первая опытная радиотелефонная передача из Нижегородской радиолаборатории, а через четыре дня удалось связаться с Москвой.

5 февраля 1920 г. Владимир Ильич Ленин послал М. А. Бонч-Бруевичу свое знаменитое письмо, в котором писал:

«Пользуюсь случаем, чтобы выразить Вам глубокую благодарность и сочувствие по поводу большой работы радиоизобретений, которую Вы делаете. Газета без бумаги и «без расстояний», которую Вы создаете, будет великим делом. Всяческое и всемерное содействие обещаю Вам оказывать этой и подобным работам».

Это письмо взволновало и окрылило весь коллектив радиолаборатории. Больше всех был взволнован тот, кому оно адресовалось.

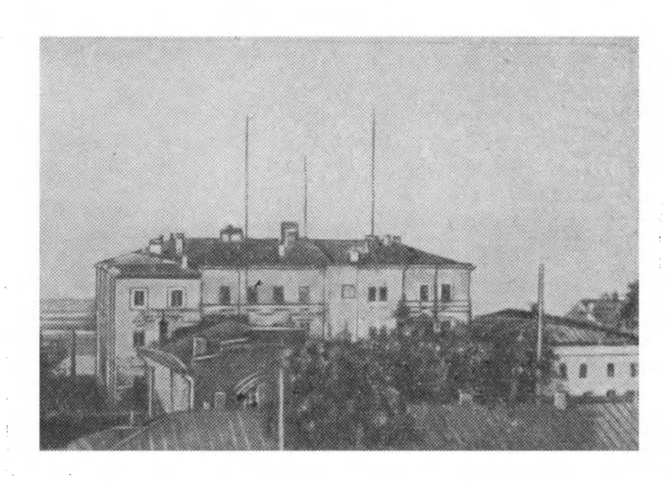


Михаил Александрович Бонч-Бруевич.

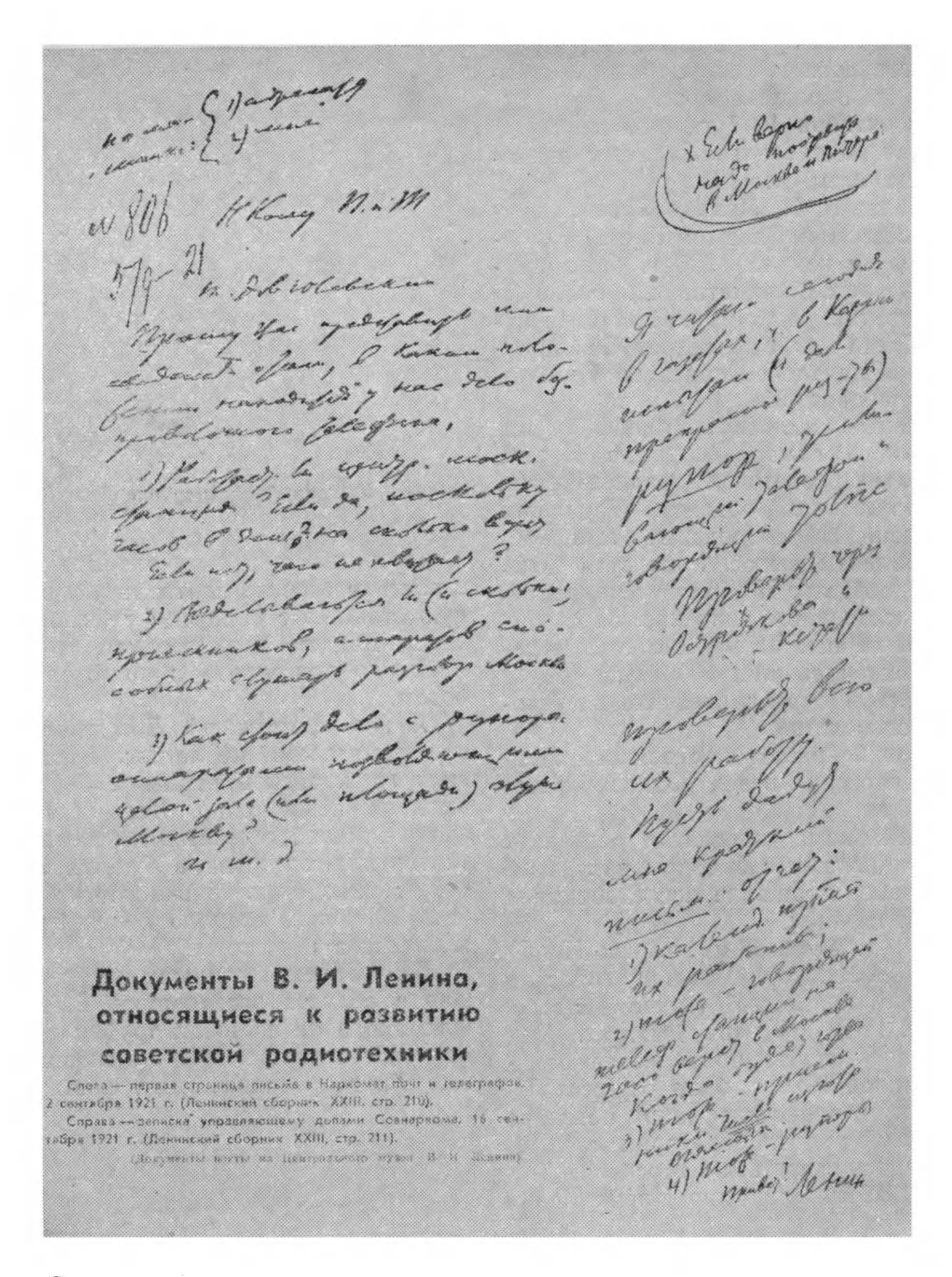
Правительство поручило Бонч-Бруевичу построить в Москве центральную радиотелефонную станцию с радиусом действия в 2 тысячи верст. Задача была срочная, требовалось немедленно приступить к подготовительным работам.

А как приступить? Для такой радиостанции нужны мощные лампы. Казалось, в условиях гражданской войны и блокады изготовить их невозможно. Ведь для массивного анода мощной генераторной лампы необходим тантал или молибден, а о таких металлах в ту пору можно было только мечтать. В стране не было не только тантала и молибдена—не хватало хлеба и топлива.

Бонч-Бруевич решился на революционный шаг в области электроники. Вместо танталового анода он поставил трубку из меди. Трубка входила внутрь лампы и соединялась шлангом с водопроводом. Анод охлаждался водой.



Здание Нижегородской радиолаборатории.



Документы В. И. Ленина, относящиеся к развитию советской радиотехники

Слева — первая страница письма в Наркомат почт и телеграфов. 2 сентября 1921 г. (Ленинский сборник XXIII, стр. 210).

Справа — записка управляющему делами Совнаркома, 16 сентября 1921 г. (Ленинский сборник XXIII, стр. 211).

(Документы [illegible] В. И. Ленина)

Документы В. И. Ленина, относящиеся к развитию советской радиотехники.

Генераторная лампа Бонч-Бруевича утвердила новые принципы конструирования мощных генераторных электронных ламп.

В это же время один из руководителей Нижегородской радиолаборатории В. П. Вологдин нашел выход из другого трудного положения. Предвидя, что препятствием для быстрого развития радиотелефонии явится отсутствие в СССР отечественных генераторов постоянного тока, он создает оригинальную схему ртутного выпрямителя. Так было облегчено строительство не только радиотелефонных ламповых станций, разработанных М. А. Бонч-Бруевичем, но и радиотелеграфных.

В период гражданской войны, в наиболее напряженные для Советской страны дни, в Нижегородской радиолаборатории, как и во многих других исследовательских учреждениях, рождались новые научно-технические идеи.

Успешной деятельности лаборатории спо-

собствовало неослабное внимание В. И. Ленина к работам, пробивавшим новый путь в технике.

В. И. Ленин считал радиотелефон делом *гигантски важным,* с помощью которого, как он писал 26 января 1921 г. управделами Совнаркома, *«вся Россия будет слышать газету, читаемую в Москве»*.

В мае 1922 г. в одном из писем И. В. Сталину о развитии радиотехники В. И. Ленин указывал, что «ни в коем случае не следует жалеть средств на доведение до конца дела организации радиотелефонной связи и на производство вполне пригодных к работе громкоговорящих аппаратов».

Нижегородская радиолаборатория выполнила задание правительства. В августе 1922 г. была завершена постройка первой мощной 12-киловаттной радиовещательной станции, названной именем Коминтерна. Вскоре вступило в строй несколько десятков радиостанций местного радиовещания.

Нижегородская радиолаборатория организовала первый радиотехнический съезд, проводила широкую техническую консультацию для радиолюбителей, осуществляла издание научно-технических журналов «Телеграфия и телефония без проводов» и «Радиотехник». Издательская деятельность, содействие изобретательству и даже составление учебных программ для подготовки кадров в области радио — все это предусматривалось положением о радиолаборатории, которое редактировал лично В. И. Ленин. Не замкнутое научное учреждение видел в радиолаборатории великий вождь пролетариата, а активное содружество научных работников с широкими массами всех радиотехников и изобретателей страны.

Владимир Ильич Ленин мечтал о митинге с многомиллионной аудиторией, он завещал создать газету без бумаги и «без расстояний».

Заветы В. И. Ленина начали быстро осуществляться.

28 июля 1924 г. было издано постановление Совета народных комиссаров СССР «О частных приемных радиостанциях». Этот исторический документ положил начало бурному развитию радиовещания, радиофикации и радиолюбительства в нашей стране.

Осенью того же года началось систематическое вещание через новую радиостанцию Института связи в Сокольниках, отличавшуюся исключительно высоким качеством передачи. Здесь А. Л. Минц — ныне Герой Социалистического Труда, член-корреспондент Академии наук СССР, совместно с И. Г. Кляцкиным, Н. И. Огановым и М. И. Басалаевым построили ряд радиотелефонных передатчиков нарастающей мощности — от 1,2 *квт* в 1924 г. до 20 *квт* в 1926 г. Последний передатчик (радиостанция имени Попова) был крупнейшим в мире.



Александр Львович Минц.

Характерно, что первенство этот передатчик перенял у советской же 12-киловаттной радиостанции имени Коминтерна, а уступил его 40-киловаттному радиовещательному передатчику, построенному в 1927 г. в Москве М. А. Бонч-Бруевичем при участии А. М. Кугушева.

Генератор мощного радиопередатчика состоял из трех каскадов, причем оконечный каскад имел три лампы с водяным охлаждением при номинальной мощности 25 *квт* каждая. Разработав эту генераторную лампу, М. А. Бонч-Бруевич опередил все заграничные достижения в этой области. Конструкция мощных советских радиоламп с водяным охлаждением позже была заимствована заграницей.

В начале 1928 г. под руководством А. Л. Минца было организовано бюро мощного радиостроения, в состав которого входили З. И. Модель, П. П. Иванов, Н. И. Оганов и другие радиоинженеры. Первой работой бюро явилась постройка мощной 100-киловаттной радиовещательной станции имени ВЦСПС.

В проектировании и строительстве этой станции было применено много смелых технических новинок, для изучения которых ряд иностранных фирм присылал в Москву своих инженеров.

Вслед за радиостанцией имени ВЦСПС в течение первой пятилетки было построено еще четыре радиостанции такой же мощности, но уже более совершенных.



Михаил Васильевич Шулейкин.

А в 1933 г. зазвучал «голос» 500-киловаттного радиогиганта — новой станции имени Коминтерна.

Эта станция — замечательное сооружение, которому не было равного в мире. Главный строитель этой радиостанции А. Л. Минц применил для нее новый тип радиовещательной антенны и оригинальный способ построения мощного каскада радиопередатчика, состоявшего из шести независимых друг от друга усилительных блоков, работавших на одну общую антенну.

Одновременно со строительством длинноволновых и средневолновых передатчиков советские ученые и инженеры напряженно работали над проблемой использования коротких волн.

Пока на Западе изучали свойства радиоволн длиной 70—100 *м*, в Нижегородской радиолаборатории М. А. Бонч-Бруевич и В. В. Татаринов в 1923 г. перешли к экспериментам с более короткими волнами и выяснили законы распространения длинных и коротких волн. Эти работы показали, что на двух-трех волнах можно было вести практически круглосуточную радиосвязь с корреспондентами на любых расстояниях. На основе этих опытов Нижегородская радиолаборатория в 1926 г., установив коротковолновые передатчики в Москве и Ташкенте, осуществила магистральную радиосвязь Москва—Ташкент. На этих радиопередатчиках были установлены разработанные В. В. Татариновым первые магистральные коротковолновые антенны. В сентябре 1926 г. начала регулярные передачи коротковолновая радиостанция во Владивостоке, установленная Нижегородской радиолабораторией. Эта станция поддерживала связь с Нижним Новгородом на волне 23 *м*.

В том же году на Сокольнической радиостанции был сооружен первый в Европе коротковолновый радиотелефонный передатчик мощностью в 1 *квт*, который поддерживал регулярную связь с Дальним Востоком.

Дальнейшие труды наших ученых и инженеров увенчались сооружением в 1938 г. первой в мире коротковолновой 120-киловаттной радиостанции для радиовещания.

Фундамент прочно удерживаемого мирового первенства СССР по мощности радиовещательных станций был заложен работами советских ученых, неизменно стремившихся подвести прочную научную базу под инженерные расчеты. М. В. Шулейкин был одним из создателей советской методики радиотехнических инженерных расчетов, касавшихся длинноволновых антенн и заземлений, ламповых генераторов и их стабилизации, модуляции и др.

В 1920 г., на четыре года раньше иностранных ученых, М. В. Шулейкин разработал основы теории преломления радиоволн в ионосфере.

М. А. Бонч-Бруевич создал свою оригинальную теорию ламповых генераторов, разработал конструкцию мощных генераторных ламп с наружным анодом, охлаждаемым водой. Эта конструкция получила всеобщее признание и стала всюду широко применяться.

А. И. Бергу принадлежат ценные работы по основным вопросам генерации, стабилизации частоты, усиления и управления генераторами.

А. Л. Минц опубликовал работы по расчету мощных генераторов, вопросам модуляции и строительству сверхмощных станций.

Самостоятельная и большая область работ советских ученых и инженеров относится к теории антенн и их конструкциям. Начало этим работам положил М. В. Шулейкин своими исследованиями различных длинноволновых антенн и сетей.

Первые сложные системы коротковолновых антенн были построены в СССР и явились родоначальниками всех устройств подобного типа.

В последнее время работы А. А. Пистолькорса и Я. Н. Фельда дали принципиальное разрешение вопроса о создании так называемых щелевых или дифракционных антенн, которые были предложены независимо друг от друга М. А. Бонч-Бруевичем и М. С. Нейманом для работы на очень коротких волнах.

Наряду с успехами в строительстве передающих радиостанций советские специалисты достигли значительных результатов в развитии теории радиоприема. Их исследования в ряде

случаев опережали исследования зарубежных ученых. Таковы, например, работы В. А. Котельникова и А. Н. Щукина о помехоустойчивом радиоприеме, А. И. Берга о сеточном детектировании, Г. С. Горелика и Г. М. Гинца о сверхрегенераторе, В. И. Сифорова по теории радиоприема, Е. Г. Момота по избирательному детектированию. Первостепенное значение для понимания сложных явлений электрических колебаний как при приеме, так и при генерации имеют теоретические работы школы академиков Л. И. Мандельштама и Н. Д. Папалекси.

Новой областью радиотехники является техника сантиметровых волн, развившаяся в связи с радиолокацией. Одной из самых основных задач техники сантиметровых волн является разработка методов генерации очень коротких волн и соответствующих генераторов. В настоящее время практически применяются два типа генераторов: магнетроны (которые впервые предложил М. А. Бонч-Бруевич) и клистроны. В их разработке выдающаяся роль принадлежит советским ученым. Советский физик А. А. Слуцкин был одним из пионеров в области исследования магнетронов и одним из создателей магнетронного генератора. Современный многокамерный магнетрон представляет собой дальнейшее развитие конструкций магнетронов, разработанных Н. Ф. Алексеевым и Д. Е. Маляровым еще в 1936—1937 гг.

Широко распространенный в радиоаппаратуре сантиметрового диапазона так называемый отражательный клистрон предложил советский инженер В. Ф. Коваленко в 1940 г.

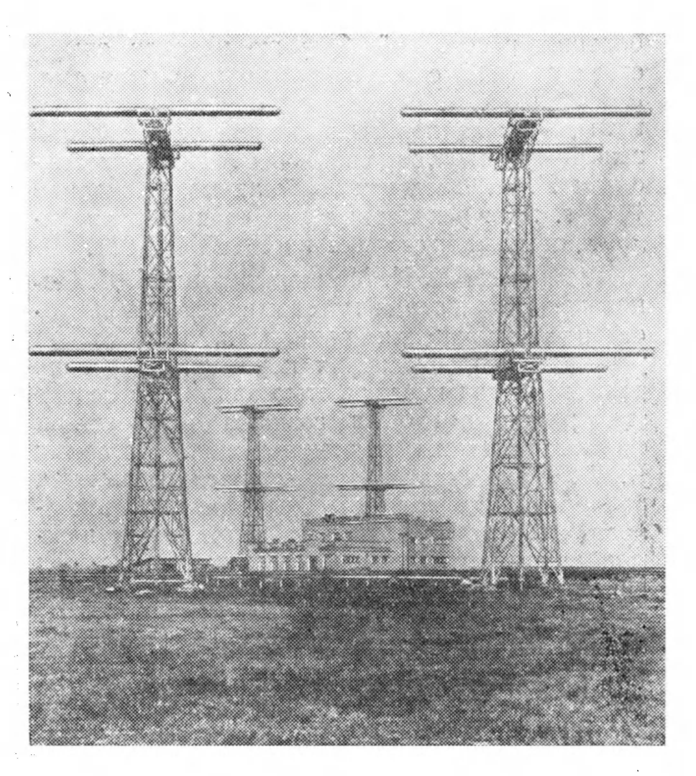
Основную роль в работе клистрона играют объемные колебательные контуры или резонаторы («эндовибраторы»), представляющие собой ограниченные металлическими стенками объемы, служащие резонаторами для электромагнитных колебаний сверхвысоких частот. Такие резонаторы впервые предложил советский радиоспециалист М. С. Нейман.

Обратимся, наконец, еще к одной актуальной проблеме современной радиотехники — проблеме распространения радиоволн.

Заслуга решения задачи дифракции, которая является основой теории распространения поверхностных радиоволн, принадлежит советскому ученому академику Б. А. Введенскому.

Наблюдения за распространением коротких волн, давшие ценные результаты, вели Д. А. Рожанский, М. А. Бонч-Бруевич и А. Н. Щукин.

В 1932 г. профессор А. Н. Щукин (ныне академик) впервые предложил метод расчета напряженности поля на коротких волнах. Он же подробно рассмотрел в 1937 г. условия распространения радиоволн в морской воде.



Мощная коротковолновая радиостанция.

С изобретением ионосферных станций радиотехника получила новое мощное средство для изучения процессов распространения пространственных радиоволн.

М. А. Бонч-Бруевич, смело решавший сложнейшие задачи в любых отраслях радиотехники, явился пионером импульсного метода исследования ионосферы. Он сконструировал и испытал первую мощную 20-киловаттную импульсную станцию, при помощи которой были проведены исследования ионосферы за полярным кругом в 1933 г.

Большое значение имеют исследования условий распространения ультракоротких волн (УКВ), играющих теперь столь важную роль в радиолокации и телевидении.

В СССР первые опыты по радиосвязи на УКВ и определению особенностей их распространения были осуществлены еще в 1922 г. Б. А. Введенским совместно с А. И. Данилевским. Ими тогда впервые была осуществлена радиотелеграфная передача на волне 3,8 *м*.

В 1926—1928 гг. Б. А. Введенский, А. Г. Аренберг и А. В. Астафьев изучали распространение УКВ на земле в пределах не-

больших расстояний. Они же провели опыты связи на УКВ с аэростатами и самолетами. В 1928 г. Б. А. Введенский опубликовал формулы, бывшие первой попыткой установления закона распространения УКВ. Под руководством Б. А. Введенского была построена и в 1931 г. вела регулярные передачи первая радиовещательная станция на УКВ (РВ-61).

Академики Л. И. Мандельштам и Н. Д. Папалекси разработали методы измерения скорости распространения радиоволн, исследовали условия распространения коротких и средних радиоволн над поверхностью земли. На основе этих работ ими были созданы впоследствии фазовые системы радионавигации. Академик В. А. Фок создал теорию распространения радиоволн над поверхностью земли. Совокупность этих работ позволяет решать ряд важных практических задач, возникающих перед новой радиотехникой.

Велик вклад наших ученых в развитие телевидения.

В основе всех телевизионных передающих устройств лежит явление так называемого внешнего фотоэффекта, заключающегося в вырывании светом электронов из поверхности металла. Законы, которым подчиняется это явление, и основные условия, при которых оно может быть практически использовано, установлены еще в прошлом веке великим русским физиком А. Г. Столетовым. Им же был построен первый фотоэлемент.

Как уже указывалось выше, основоположником современного телевидения является русский ученый Б. Л. Розинг. Он же впервые применил принцип накопления фотоэлектрических зарядов. Этот принцип использовали в 1931 г. С. И. Катаев и А. П. Константинов, разработавшие независимо друг от друга электронно-лучевую трубку для передачи изображений.

Важным фактором, обеспечивающим высокую чувствительность современных передающих телевизионных трубок, является применение в них многократного вторичного электронного умножителя, первые действующие модели которого были созданы в 1930 г. Л. А. Кубецким.

В 1932 г. С. И. Катаев предложил новый принцип построения передающих трубок, дальнейшее развитие которого П. В. Шмаковым и П. В. Тимофеевым позволило создать высокочувствительную телевизионную трубку с переносом изображения, известную под названием суперэмитрон.

Профессор Г. В. Брауде создал оригинальную систему телекино и предложил в 1938 г. электронную систему, использованную позднее в сверхчувствительной передающей телевизионной трубке, называемой суперортиконом.

Следует отметить большую роль в развитии советской электроники С. А. Векшинского, ныне академика, Героя Социалистического Труда, еще в начале двадцатых годов разработавшего оригинальные триоды с вольфрамовым катодом и расшифровавшего к 1931 г. сущность технологии изготовления бариевых катодов. Затем С. А. Векшинский руководил работами по созданию мощных генераторных ламп, электронно-лучевых трубок, газотронов и других электровакуумных приборов в организованных им научно-технических центрах советской электроники — Отраслевой вакуумной лаборатории до войны, а после Великой Отечественной войны — в Научно-исследовательском вакуумном институте, которым он бессменно руководит до настоящего времени.

Значительным достижением советской радиотехники является ввод в действие телевизионных центров в Москве, Ленинграде и в других городах страны, в том числе в столицах союзных республик Киеве, Риге, Ташкенте, Алма-Ате, Вильнюсе и Таллине.

* * *

Благодаря неустанной заботе Коммунистической партии радио в нашей стране за годы Советской власти превратилось в могучее средство коммунистического воспитания трудящихся. Оно стало пропагандистом и популяризатором бессмертных идей марксизма-ленинизма, передового опыта новаторов производства, достижений социалистической науки и искусства.

На основе развития отечественной радиопромышленности радиовещание и радиофикация приобрели необычный размах.

Митинг с миллионной аудиторией, предсказанный В. И. Лениным, осуществлен. Более 30 миллионов радиоаппаратов действуют в стране и регулярно более 100 миллионов советских людей слушают радиопередачи из Москвы, столиц республик и областных центров. Советкое радио слушают также многие миллионы людей во всех странах мира.

Телевидение переживает сейчас такую же бурную эпоху развития, какую пережило радио в первые годы радиовещания.

С каждым днем ширится фронт работ по осуществлению программы развития телевидения, намеченной XX съездом КПСС.

Радиотехника и электроника внедряются во все отрасли науки и техники и в быт совет-

ских людей, играя огромную роль в техническом прогрессе нашей страны. Применение этой новой техники ведет к повышению производительности труда и улучшению качества продукции при снижении ее себестоимости, открывает новые возможности для научных исследований.

Однако успехи и достижения не должны давать повод к самоуспокоенности. В технике радиовещания и телевидения есть еще много нерешенных и очень важных технических проблем, в решении которых должны принять деятельное участие научно-технические силы и радиолюбители.

Советские ученые и инженеры, работающие в области радио, и радиолюбители-патриоты, воодушевленные историческими решениями XX съезда Коммунистической партии Советского Союза, приложат все силы к тому, чтобы множить успехи советской радиотехники во имя дальнейшего укрепления могущества нашей Родины, во имя торжества коммунизма.

РАДИОЛЮБИТЕЛИ — ЭНТУЗИАСТЫ РАДИОТЕХНИКИ[1]

Ни в одной области техники не представляется таких широких возможностей для самообразования, связанного с практической, лабораторной, экспериментаторской работой в кружке и на дому, как в радиотехнике. Поэтому ни в одной области техники не было и нет такого массового движения людей, посвящающих свой досуг ее изучению, как в области радио. Объясняется это также и тем, что радио с первых шагов его развития поражало своими заманчивыми перспективами и возбуждало к себе огромный интерес.

Возникновение и развитие советского радиолюбительства

Радиолюбители сыграли большую роль в развитии радиофикации нашей страны и в общем прогрессе отечественной радиотехники.

Отдельные радиолюбители были и в царской России, но для их опытов и конструкторской работы тогда не было почвы. Радиолюбительство в то время не поощрялось. Принимать по радио тогда можно было только сигналы телеграфных радиостанций да грозовые разряды.

По праву первым радиолюбителем в нашей стране может считаться Михаил Александрович Бонч-Бруевич. Этот выдающийся инженер и ученый, прославивший нашу Родину многими замечательными изобретениями в области радио, руководитель Нижегородской радиолаборатории, «крупнейший работник и изобретатель в радиотехнике», как о нем отзывался В. И. Ленин, начал заниматься радиотехникой еще в юношеском возрасте. В 1906 г. М. А. Бонч-Бруевич построил в своей домашней лаборатории в Киеве радиоприемник и радиопередатчик по схеме А. С. Попова.

Но только при Советской власти радиолюбительство приняло массовый размах и стало подлинной кузницей подготовки кадров радиоспециалистов и могучей силой радиофикации страны.

Колыбелью советского радиолюбительства была Нижегородская радиолаборатория.

Осуществляя ленинские идеи радиофикации страны, коллектив Нижегородской радиолаборатории строил первые радиовещательные станции.

Для приема опытных радиотелефонных передач работникам Нижегородской радиолаборатории нужна была аудитория, радиослушатели-энтузиасты, любители радио.

Радиоспециалисты Нижегородской лаборатории вели пропаганду радиотехнических знаний и помогали развитию радиолюбительства. Здесь появился первый любительский детекторный приемник системы инженера С. И. Шапошникова. Здесь же была выпущена первая популярная радиобиблиотека, книжки которой неоднократно переиздавались. Сотрудники лаборатории давали устную радиотехническую консультацию и отвечали на сотни писем, приходивших от радиолюбителей.

Много сделал для развития радиолюбительства один из руководителей лаборатории профессор В. К. Лебединский. Большой общественный деятель в области радиотехники, редактор первых советских радиотехнических журналов, он широко пропагандировал значение радиолюбительства.

«Где нужен массовый опыт, кропотливые наблюдения, негнущаяся настойчивость без уступок, бесстрашная смелость воплощения мысли — там выступает радиолюбитель» — писал В. К. Лебединский.

По инициативе В. К. Лебединского и при содействии всего коллектива Нижегородской радиолаборатории в Нижнем Новгороде было создано общество радиолюбителей.

Руководители радиолаборатории привлекли к ее работе талантливых радиолюбителей Федора Лбова, ставшего пионером коротковолнового любительства, и Олега Лосева. Последний открыл в 1922 г. способность кристаллов цинкита возбуждать электрические коле-

[1] По разным источникам.



Владимир Константинович Лебединский.

бания высокой частоты и сконструировал безламповый приемник-усилитель. Этот приемник стал широко известен далеко за пределами нашей страны под названием «кристадина».

Иностранные радиожурналы того времени печатали сообщения о генерирующем кристалле и его изобретателе — русском радиолюбителе. Сейчас изобретение О. В. Лосева нашло практическое воплощение в так называемых полупроводниковых диодах и триодах.

Широкий размах и подлинную массовость радиолюбительское движение получило после издания в 1924 г. постановления Совета Народных Комиссаров СССР «О частных приемных радиостанциях», предоставившего частным лицам право устройства и эксплуатации приемных радиостанций.

Это постановление Советского правительства (опубликовано в газете «Известия» 9 сентября 1924 г.), получившее название «закона о свободе эфира», положило также начало регулярному радиовещанию и создало предпосылки для массовой радиофикации страны.

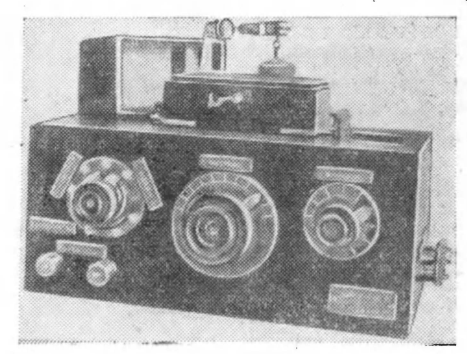
Началось бурное развитие радиолюбительства. В Москве пионерами этого движения стали профсоюзы. 15 мая 1924 г. при культотделе МГСПС была создана консультация для пропаганды радиолюбительства и содействия работе радиокружков. К 1 августа этого же года в Москве уже организовалось 60 радиокружков, а радиоконсультацию реорганизовали в бюро содействия радиолюбительству (радиобюро МГСПС). С деятельностью радиобюро связано много радиолюбительских начинаний. При нем были организованы лаборатория, техническая консультация и курсы инструкторов для радиокружков.

Радиобюро также организовало издание журнала «Радиолюбитель», сыгравшего большую роль в развитии советского радиолюбительства. Этот первый радиолюбительский журнал, выходивший два раза в месяц и издававшийся пятьюдесятьютысячным тиражом, опубликовал на своих страницах описания многих самодельных конструкций радиоприемников, измерительных приборов, усилителей и другой любительской аппаратуры, строившейся затем в радиокружках и отдельными радиолюбителями. Журнал был учебником и практическим руководителем первых поколений радиолюбителей в Советском Союзе.

Радиобюро МГСПС арендовало радиостанцию в Сокольниках и с 12 октября 1924 г. организовало впервые в СССР регулярное радиовещание по заранее объявленной в газетах программе. Через Сокольническую радиостанцию были осуществлены первые трансля-



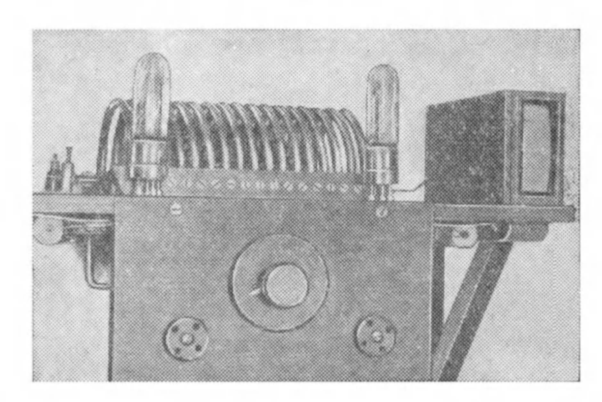
Олег Владимирович Лосев.



Кристадин О. В. Лосева.



Первый номер журнала «Радиолюбитель».



Коротковолновый передатчик Ф. А. Лбова, демонстрировавшийся на Всесоюзной радиовыставке в 1925 г.

ции концертов из Дома союзов и опер из Большого театра, передачи технической консультации для радиолюбителей.

Строителем радиостанции в Сокольниках и организатором всех многочисленных экспериментов, проведенных совместно с радиобюро, был А. Л. Минц, ныне Герой Социалистического Труда, член-корреспондент Академии наук СССР, лауреат Сталинских премий, основатель советской школы строительства мощных радиостанций.

Под руководством А. Л. Минца радиобюро МГСПС построило в январе 1925 г. свою радиостанцию в Доме союзов. Там же был построен первый в СССР радиоузел.

Радиобюро МГСПС осуществило первый опыт радиофикации деревни силами радиокружковцев. К концу 1925 г. было радиофицировано громкоговорящими радиоустановками 205 сельских изб-читален. Эту работу в общественном порядке провели 40 московских и 14 подмосковных рабочих радиокружков.

Таким образом, московским радиолюбителям, руководимым МГСПС, принадлежат честь организации первых регулярных радиопередач, первых трансляций и приоритет в развитии проволочной радиофикации.

Мощной радиолюбительской организацией в те годы также стало Ленинградское общество друзей радио, возникшее в марте 1924 г. по инициативе работников Электровакуумного завода «Светлана». К осени этого года оно объединяло уже около сорока тысяч радиолюбителей. В августе 1924 г. в Ленинграде состоялась первая областная конференция общества друзей радио, а с ноября стал издаваться ежемесячный научно-популярный журнал «Друг радио». Этот журнал немало помог распространению радиотехнических знаний и сколачиванию радиолюбительской общественности не только в Ленинграде, но и в других городах.

В августе 1924 г. в Москве было создано Общество друзей радио (ОДР), ставшее с 1926 г. всесоюзной организацией. Оно издавало журнал «Радио—всем», переименованный затем в «Радиофронт», с которым в 1931 г. объединился журнал «Радиолюбитель».

С марта 1933 г. руководство радиолюбительством перешло к ЦК ВЛКСМ, при котором был создан комитет содействия радиофикации страны и развитию радиолюбительства. А в 1935 г. руководство радиолюбительским движением в стране было передано Всесоюзному комитету по радиофикации и радиовещанию при Совете Народных Комиссаров СССР. Коротковолновым радиолюбительством стал руководить Центральный совет Осоавиахима.

Уже в первые годы радиолюбители немало сделали для радиофикации страны. Многие радиовещательные станции были построены силами радиолюбителей или на средства, собранные радиолюбительскими организациями.

В Актюбинске (Казахская ССР), например, радиолюбители сумели путем ряда об-



Майский номер журнала «Радиофронт» за 1934 г.

щественных мероприятий изыскать средства и построить своими силами в течение трех месяцев радиовещательную станцию со студией и выделенным приемным пунктом для трансляции московских передач. Бригадой радиолюбителей были установлены мачты для радиостанции.

В Киеве первая радиостанция была построена на средства, собранные от выпуска одного номера журнала «Радио для всех». Ряд радиозаводов вырос из радиолюбительских мастерских.

Тесно связанное с практикой социалистического строительства советское радиолюбительство носит творческий, патриотический характер.

Это — подлинно народная лаборатория, объединяющая энтузиастов радиодела, отдающих свой досуг конструкторской работе и серьезной, пытливой учебе во всех областях радиотехники.

Радиолюбители построили тысячи радиоузлов, сотни тысяч радиоприемников и дали стране десятки тысяч техников-практиков для обслуживания радиоустановок.

Являясь массовой школой подготовки радиокадров, радиолюбительство вырастило в своих рядах замечательных специалистов, ставших видными инженерами, учеными.

Много сделали радиолюбители для развития коротковолновой связи и ее внедрения в различные отрасли народного хозяйства.

Нижегородские радиолюбители первыми в СССР занялись короткими волнами и организовали секцию коротких волн. Они же положили начало первому коротковолновому журналу, выходившему приложением к журналу «Радио—всем».

Спортивное начало, заложенное в коротковолновом любительстве, способствовало подготовке замечательных радистов из числа коротковолновиков, великолепно знающих радиотехнику и отлично принимающих на слух сигналы азбуки Морзе. Коротковолновики своим энтузиазмом пробивали дорогу коротким волнам и становились первыми радистами-операторами в тех ведомствах, где начинали применять коротковолновую связь.

Радиолюбители-коротковолновики установили первые радиостанции в Арктике, поднимались на вершины гор, участвовали в спасении экспедиции Нобиле, экспериментировали со своими передатчиками в поездах, обслужи-



Журнал «Радио для всех» (Киев).

вали связью торговые суда Морского флота, учебный парусник «Вега» в плавании вокруг Европы. Они обеспечили коротковолновой связью десятки экспедиций, в том числе Памирскую и Чукотскую, поднимались со своими радиостанциями в свободный полет на аэростатах, чтобы открыть дорогу коротким волнам в авиацию. Десятки дальних связей были установлены во время этих полетов. В них принимал участие коротковолновик Н. А. Байкузов, впоследствии генерал-майор инженерно-технической службы, редактор журнала «Радио».

В 1930 г. коротковолновик Э. Кренкель, работая на Земле Франца Иосифа, установил связь с экспедицией, находившейся вблизи Южного полюса. Было перекрыто расстояние в 20 тыс. километров.

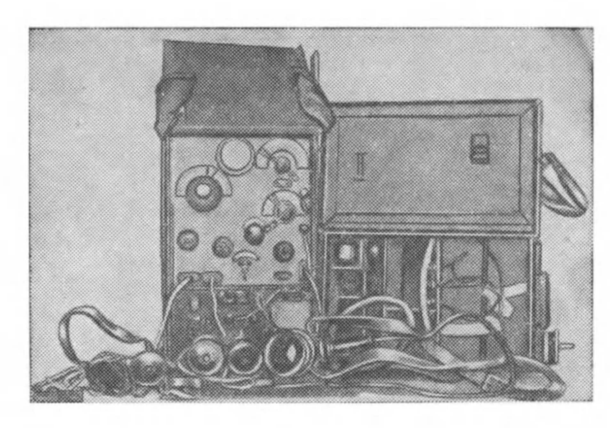
Сейчас на полях нашей страны работают десятки тысяч радиостанций, обеспечивающих оперативную связь МТС и совхозов с тракторными бригадами. Инициаторами применения радиосвязи в сельском хозяйстве явились также радиолюбители.

Радиолюбители работали и в области ультракоротких волн, открывая дорогу применению УКВ в различных отраслях народного хозяйства. Любители первыми применили связь на ультракоротких волнах на железнодорожном и автомобильном транспорте, в борьбе с лесными пожарами, для репортажа, в парашютном и планерном спорте.

Немало способствовали радиолюбители успешному развитию звукозаписи, создав ряд оригинальных конструкций звукозаписывающих аппаратов.

Уже за несколько лет до Великой Отечественной войны радиолюбительство стало мощным движением, помогавшим деятельности радиофицирующих организаций и готовившим кадры радиоспециалистов для многих отраслей народного хозяйства. К тому времени опытные радиолюбители перешли от копирования радиоаппаратуры, описание которой публиковалось в журналах, к самостоятельному конструкторскому творчеству. Этому способствовали Всесоюзные заочные радиовыставки, проводившиеся с 1935 г. Они воспитывали интерес к конструкторской работе среди радиолюбителей и стали средством широкого обмена опытом между ними.

Во время Великой Отечественной войны тысячи радистов, вышедших из рядов радиолюбителей, получили ордена и медали за доблесть, мужество и отличное выполнение боевых заданий в результате высокого мастерства и умелого обращения с аппаратурой. Несколько



Малая политотдельская радиостанция, выпущенная для обслуживания радиосвязью политотделов МТС и совхозов по предложению комсомольцев-радиолюбителей Московского радиозавода имени С. Орджоникидзе в 1935 г.

сот коротковолновиков были отличными радистами в партизанских отрядах. Многие радиолюбители стали техниками в частях связи. В своей книге «Радио — могучее средство обороны страны» маршал войск связи И. Т. Пересыпкин рассказывает о многих воинах-радистах, вышедших из числа радиолюбителей и показавших пример доблести на фронтах Великой Отечественной войны.

В военное время организации Осоавиахима подготовили десятки тысяч радистов для фронта и тыла.

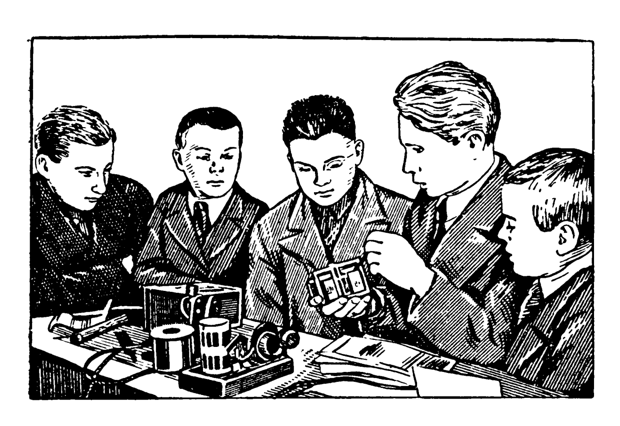
Воспитанница Ташкентской школы связи Осоавиахима Елена Стемпковская добровольно ушла на фронт в качестве радистки и погибла, замученная фашистами. Она была посмертно удостоена звания Героя Советского Союза. Это высокое звание присвоено также воспитаннику Осоавиахима радиолюбителю Михаилу Кравцову и многим другим радистам.

Благодаря заботе партии и правительства в послевоенные годы радиолюбительство получило новый широкий размах.

В настоящее время массовым радиолюбительским движением в нашей стране руководит Добровольное общество содействия армии, авиации и флоту (ДОСААФ).

Во многих городах страны имеются радиоклубы ДОСААФ, ставшие центрами радиолюбительской учебы и конструкторско-исследовательской деятельности. Большую работу проводит среди радиолюбителей Центральный радиоклуб ДОСААФ.

Радиоклубы объединяют многочисленный радиолюбительский актив, руководят работой радиокружков, организуют курсы, ведут пропаганду радиотехнических знаний среди населения.



На занятиях радиокружка.

На предприятиях, в колхозах, учреждениях, школах, при клубах и домах культуры работают тысячи радиолюбительских кружков ДОСААФ. В них изучаются основы радиотехники и конструируется радиоаппаратура.

Все более широкие размеры принимает радиолюбительская работа в школах. Под руководством учителей-радиолюбителей учащиеся на практике в радиокружках изучают радиотехнику, сооружают школьные радиоузлы и приемники для радиофикации деревни.

Большую работу проводит ДОСААФ по массовой подготовке кадров радиоспециалистов из числа радиолюбителей. В радиоклубах и на курсах готовятся для нужд народного хозяйства радиооператоры, радиотелеграфисты и телефонисты, радиомонтеры, специалисты по телевидению.

Радиоспорт

Ежегодно проводятся всесоюзные радиотелеграфные соревнования коротковолновиков, победителям которых присваиваются звания чемпионов.

Эти звания присуждались по радиосвязи: А. Ф. Камалягину (1947 г.), К. А. Шульгину (1948 и 1949 гг.), В. Н. Гончарскому (1950 г.), Л. М. Лабутину (1951, 1952, 1953 и 1954 гг.), В. Г. Желнову (1955 и 1956 гг); по радиоприему: В. В. Белоусову (1948 г.), А. И. Морозу (1949 г.), В. А. Коневскому (1950 г.), И. Хлесткову (1951 и 1955 гг.), В. П. Шейко (1952 г.), С. М. Хазану (1953 г.), Д. Д. Алексеевскому (1954 г.) и Г. М. Щелчкову (1956 г.).

Стали традиционными всесоюзные радиотелефонные соревнования коротковолновиков, привлекающие с каждым годом все большее и большее количество участников. Советские коротковолновики принимают также участие в международных соревнованиях, добиваясь в них высоких результатов.

В течение 8 лет действует два вида постоянных соревнований советских коротковолновиков: по установлению радиосвязи с любительскими радиостанциями всех союзных советских республик (или приему их передач) в кратчайшее время, но не более 24 часов и по проведению двусторонних радиосвязей (наблюдений) с любительскими радиостанциями наибольшего количества областей, краев и республик в кратчайшее время, но не более одного календарного года. Недавно введен третий вид постоянных соревнований на проведение двусторонних радиосвязей (наблюдений) с любительскими радиостанциями 10 районов СССР в кратчайшее время, но не более 48 часов.

Все эти разносторонние соревнования позволяют коротковолновикам широко развивать внимание, точность, аккуратность, выдержку, изучать особенности различных диапазонов.

С каждым годом поэтому растет мастерство советских коротковолновиков. Четырехкратный чемпион ДОСААФ по радиосвязи, мастер радиолюбительского спорта москвич Л. М. Лабутин установил в 1953 г. за 12 часов непрерывной работы 453 двусторонние телеграфные связи с любительскими радиостанциями нашей страны. Это — замечательный рекорд, так как в среднем Лабутин в течение 12 часов должен был иметь радиосвязь с новым корреспондентом через каждую минуту и 45 секунд.

Команда Саратовского радиоклуба установила в 1954 г. пока непревзойденный рекорд: она провела двусторонние связи с любительскими радиостанциями всех союзных республик за 1 час 42 минуты.

Ежегодно организуются Всесоюзные соревнования радистов, в которых принимают участие тысячи радистов. Эти соревнования проводятся в два тура. В первом туре тексты конкурсных передач передаются по радио через несколько десятков радиостанций, обеспечивающих возможность участия в конкурсе всем радистам в соревнованиях на личное первенство. Одновременно в радиоклубах эти тексты принимаются командами, по одной от каждого клуба, оспаривающими командное первенство. Контрольные радиограммы в первом туре передаются с разными скоростями.

По окончании передачи принятые тексты отправляются в Москву для установления первенства клубов и команд и определения кан-

дидатов на участие во втором туре соревнований.

Во втором туре сильнейшие радисты-спортсмены страны соревнуются теперь по шести видам приема и передачи радиограмм, в число которых входит прием на слух буквенного и цифрового текста с записью на пишущей машинке. Победитель всех этих видов соревнований получает звание чемпиона ДОСААФ текущего года. За послевоенные годы это высокое звание завоевали: Ф. И. Ежихин (1947 г.), Ф. В. Росляков (1948—1949 и 1953 гг.), А. Е. Веремей (1950, 1951 и 1954 гг.) и И. В. Заведеев (1952 г.), Галина Патко (1955 г.), Зинаида Кубих (1956 г.) и Григорий Рассадин (1957 г.)

Для того чтобы читатель мог представить, с какой скоростью должен принимать на слух чемпион, мы укажем некоторые скорости, с которыми передавались радиограммы участникам финала соревнований в последние годы.

Для записи от руки радиограммы с буквенным текстом передавались со скоростью до 300 знаков в минуту, а для записи на машинке буквенный текст передавался со скоростью от 380 до 450 знаков в минуту и цифровой текст со скоростью до 370 знаков в минуту.

Интересно отметить, что скорость 450 знаков в минуту соответствует передаче в 1 секунду примерно 20 точек и тире.

За последние годы женщины-радистки держат первенство. Как раз в эти годы значительно увеличилось число женщин, занимающихся радиоспортом. Этому способствуют Всесоюзные соревнования женщин-коротковолновиков, проводимые на приз журнала «Радио».

Во вторых Всесоюзных соревнованиях женщин-коротковолновиков, проведенных в конце 1956 г., участвовало около тысячи радисток. Первое место в них заняла Елизавета Иванова (Челябинск), а на второе место вышла победительница соревнований 1955 г., мастер радиолюбительского спорта Антонида Семенова (Свердловск).

В международных товарищеских соревнованиях радистов, проходивших в конце 1954 г. в Ленинграде, советский радист Ф. Росляков установил национальный рекорд, приняв и записав на машинке радиограмму открытого текста, передававшегося со скоростью 450 знаков в минуту.

Один из чемпионов ДОСААФ по приему и передаче радиограмм Игорь Заведеев с честью выполнил ответственную работу радиста станции «Северный полюс-4».

Известный московский коротковолновик А. Г. Рекач отлично работал в качестве инженера радиоотряда первой комплексной антарктической экспедиции Академии наук СССР в поселке Мирный. Начальником радиоотряда антарктической экспедиции 1957 г. является Д. Аралов, один из старейших коротковолновиков Ленинграда.

Для дальнейшего роста спортивного и технического мастерства радиолюбителей, улучшения подготовки новых кадров радиолюбителей-спортсменов и повышения конструкторской деятельности радиолюбителей с апреля 1952 г. установлена Единая спортивно-техническая классификация радиолюбителей ДОСААФ.

Введены почетные пожизненные звания мастера радиолюбительского спорта и мастера-радиоконструктора, а также следующая спортивно-техническая классификация: радиолюбитель первого разряда, радиолюбитель второго разряда и радиолюбитель третьего разряда. Установлены нагрудные знаки для членов ДОСААФ за достижения в области радиоспорта и сдачу классификационных норм.

В радиоклубах и первичных организациях ДОСААФ организуются постоянные спортивные команды радистов, проводятся конкурсы для сдачи норм на спортивные разряды. Центральный комитет ДОСААФ СССР и Центральный радиоклуб проводят специальные всесоюзные квалификационные соревнования, участники которых имеют возможность сдать нормы или добиться перехода в следующий более высокий спортивный разряд.

Конструкторская деятельность радиолюбителей

Особенно большие достижения продемонстрировали в послевоенный период радиолюбители-конструкторы. На девяти всесоюзных выставках творчества радиолюбителей-конструкторов (с шестой по четырнадцатую) рассматривалось около десяти тысяч описаний лучших конструкций, присланных в Москву местными выставочными комитетами, а общее количество экспонатов, представленных на послевоенные выставки, исчисляется десятками тысяч.

Свыше трех тысяч радиолюбителей-конструкторов участников этих выставок награждено премиями и дипломами.

Радиовыставки последних лет отражают не только количественный рост радиолюбительского движения. Они показывают значительное повышение знаний, инициативы и новаторского мастерства советских радиолюбителей.

Все больше расширяется круг проблем, за разработку которых смело берутся радиолюбители.



На выставке творчества радиолюбителей-конструкторов.

Пытливый ум радиолюбителей подсказал в ряде случаев оригинальные, остроумные и смелые решения отдельных важных проблем создания новой радиоаппаратуры, ценной для промышленности и научно-исследовательских учреждений.

Во всех областях радиотехники работали и преуспевали радиолюбители-конструкторы. Они предложили несколько десятков оригинальных конструкций простых и экономичных батарейных приемников для села и большое число приемников от сети переменного тока, среди которых ряд конструкций от самых несложных и дешевых до радиоприемников для высококачественного воспроизведения радиопрограмм и великолепных радиол. Большой интерес представляет аппаратура для народного хозяйства и медицины, в которой используются радиотехнические методы.

Радиолюбители — люди самых разнообразных специальностей. Среди них немало врачей, педагогов, рабочих, техников и инженеров нерадиотехнических специальностей. Обладая большим опытом в конструировании радиоаппаратуры, они являются своеобразными представителями радиотехники в своих областях народного хозяйства и часто находят полезное применение радиотехнических методов в своей работе. Радиолюбительская мысль подсказывает им неожиданное и оригинальное решение сложных технических проблем.

Среди коротковолновой аппаратуры всесоюзных радиовыставок выделяются первоклассные приемники и отличные передатчики. Немало интересных конструкций продемонстрировано в отделах ультракоротких волн: ряд ЧМ-приемников, портативных передатчиков, ЧМ/АМ приемников и других разработок, свидетельствующих о присущем радиолюбителям чувстве нового и стремлении к прогрессу.

По большому количеству экспонатов и их разнообразию, по компактности и тщательности отделки аппаратуры, по обилию интересных технических идей отделы измерительной аппаратуры радиолюбительских выставок с каждым годом привлекают все большее внимание посетителей.

Немалые достижения имеют радиолюбители в области звукозаписи и разработки интересных наглядных пособий, облегчающих понимание сложных процессов при изучении радиотехники.

Особенно успешна деятельность радиолюбителей, связанная с массовым развитием телевидения. Этой благородной цели служат разработки простых и дешевых телевизоров, радиотрансляционного телевизионного узла, опыты по дальнему приему телевизионных

передач, строительство ретрансляционных станций и, наконец, создание любительских телевизионных центров. Их уже построено более двадцати по нашей стране.

Творческое дерзание сотен квалифицированных радиолюбителей обогнало плановые наметки и привело к постройке телецентров во многих городах, где и не намечалось их строительство.

Первый любительский телецентр был построен в Харькове.

Дело началось так. В 1947 г. журнал «Радио» выступил со статьей «О путях развития массового телевидения», в которой говорилось, что настало время испытать свои силы в постройке малых телевизионных центров радиолюбителям и активам радиоклубов.

Идея была подхвачена. Нашлись упорные, смелые люди, которые, невзирая на массу трудностей, сумели довести дело до конца и построить малые любительские телецентры.

В Харькове разработку конструкции передатчика сигналов изображения, оборудование центральной аппаратной и кинопроекционной камеры осуществили активисты местного радиоклуба ДОСААФ — инженеры-радиолюбители В. Вовченко, В. Исаенко, А. Хромов, Р. Маколов, студент политехнического института В. Дворников, доцент И. Тургенев, преподаватель техникума связи В. Рязанцев и другие. Трудностей было, конечно, много. Но на помощь пришли Харьковский обком партии, советские организации, коллективы промышленных предприятий. Для телецентра отвели помещение в самом высоком здании города — Доме государственной промышленности.

Рабочие харьковских предприятий в неурочное время бесплатно изготовили силовые трансформаторы и некоторые другие детали, помогли соорудить стальную 23-метровую мачту.

К концу 1950 г. Харьковский малый телевизионный центр был сдан в опытную эксплуатацию. Конструкция этого телецентра получила высокую оценку и первую премию на X Всесоюзной выставке радиолюбительского творчества.

Вслед за Харьковым любительские и учебные телецентры были построены в Горьком, Одессе, Риге, Томске, Свердловске, Омске, Владивостоке, Уфе, Нальчике, Архангельске, Воронеже, Севастополе, Гомеле, Хабаровске, Комсомольске-на-Амуре, Барнауле, Перьми и в других городах.

Таковы замечательные достижения советских радиолюбителей в области конструирования радиоаппаратуры, продемонстрированные на послевоенных радиовыставках.

Около тысячи описаний различных радиолюбительских конструкций опубликовано в журнале «Радио», в «Массовой радиобиблиотеке» и других изданиях за послевоенные годы. Это внушительный итог, свидетельствующий о плодотворной деятельности радиолюбителей-конструкторов ДОСААФ.

* * *

Радиолюбительство приобретает теперь еще более важное значение в свете задач, поставленных партией о политехническом обучении.

Радиолюбительство требует знания физики, электротехники, прививает любовь к ремеслам, дает практические навыки в обращении с инструментами, вооружает теорией и практикой электротехники и радиотехники.

Радиолюбительство воспитывает настойчивость, изобретательность, умение преодолевать трудности.

Все это обеспечивает советскому радиолюбительству еще большую массовость и дальнейшее широкое развитие.

Отличительной чертой советского радиолюбительства являются его творческий характер, самодеятельность и организованность, беззаветное служение интересам своей социалистической Родины, забота об ее техническом процветании и культурном развитии.

Наши радиолюбители по справедливому утверждению академика А. И. Берга — это целая армия деятельных, активных творцов, объединенных и организованных, быстро растущих и ненасытно впитывающих все новое и полезное. Это — наш мощный резерв, который в ближайшие годы вырастет еще во много раз.

Весь этот мощный коллектив, охваченный творческим созидательным трудом, неустанно работает над тем, чтобы советская радиотехника служила делу строительства коммунизма в нашей стране.

ИЩИТЕ, ДЕРЗАЙТЕ, ТВОРИТЕ! [1]

Дорогие друзья!

По всей нашей стране миллионы людей с большой энергией и энтузиазмом борются за претворение в жизнь исторических решений XX съезда КПСС, за мощный технический прогресс нашей Родины.

В этой всенародной борьбе за технический прогресс почетное место принадлежит много-

[1] «Радио», 1957, № 1.

тысячной армии радиолюбителей. Они многое сделали для внедрения достижений науки в практику. Без них мы не имели бы кадров радиоспециалистов в промышленности, прошедших хорошую школу радиолюбительства. Своими смелыми экспериментами и творческими поисками энтузиасты радиотехники приносят огромную пользу стране, способствуют дальнейшему развитию радиоэлектроники.

Нужно сказать, что, несмотря на некоторые недостатки в нашей работе, радиоэлектроника в СССР за последние годы шагнула очень далеко вперед. Сейчас любая область социалистической промышленности может успешно развиваться, лишь опираясь на последние достижения радиоэлектроники. С помощью новейших средств радиоэлектроники и техники связи уже решены такие крупные задачи, как дальняя связь, телевизионное вещание, радиолокация, автоматизация производственных процессов, создание электронных вычислительных машин и т. д.

Жизнь выдвигает перед советской наукой и техникой все более сложные и разнообразные практические задачи. Радиоэлектроника всегда должна идти впереди, тогда будут успешно развиваться и другие области, это касается науки, производства и даже планирования. Реальные возможности применения радиоэлектроники в народном хозяйстве поистине безграничны. Сейчас задача заключается не только в решении важнейших научно-технических проблем, связанных с общим развитием радиоэлектроники, но и в широчайшем внедрении в народное хозяйство самых разнообразных электронных устройств и приборов.

В нашей стране, товарищи радиолюбители, для вашей инициативы и творческой активности предоставлено широкое поле деятельности. Где бы вы ни работали, где бы ни учились, везде вы можете внести свой посильный вклад в развитие радиоэлектроники. У вас есть для этого и опыт, и навыки, и, самое главное, неукротимое желание быть полезным своей стране.

А какая это благодарная задача своими силами и знаниями помогать советской науке двигать вперед дело технического прогресса! Как это почетно своими руками создавать новую аппаратуру, применение которой позволит облегчить труд человека и значительно повысить производительность труда!

Пусть же всюду бьет ключом смелая, пытливая мысль радиолюбителей — неутомимых рационализаторов и изобретателей, искателей нового!

Смелее экспериментируйте, создавайте новые конструкции, выдвигайте новые идеи применения радиоэлектроники в промышленности, в сельском хозяйстве, на транспорте, в связи! Ищите, дерзайте, творите! Это — ваш долг перед Родиной!

Академик А. И. БЕРГ, академик Б. А. ВВЕДЕНСКИЙ, академик С. А. ВЕКШИНСКИЙ, академик В. А. КОТЕЛЬНИКОВ, член-корреспондент АН СССР А. Л. МИНЦ, член-корреспондент АН СССР А. А. ПИСТЕЛЬКОРС, член-корреспондент АН СССР В. И. СИФОРОВ.

ЛИТЕРАТУРА

Книги

Г. Казаков, Советское радио, Издательство ДОСААФ, 1955.

Пособие для докладчиков и лекторов, освещающее вопросы истории отечественной радиотехники, роли радио как средства коммунистического воспитания и важного фактора в борьбе за технический прогресс. Отдельная глава посвящена достижениям советских радиолюбителей.

Михаил Васильевич Шулейкин, Сборник статей под редакцией академика Б. А. Введенского, Из-во «Советское радио», 1952.

Сборник посвящен памяти выдающегося ученого и одного из виднейших деятелей отечественной радиотехники — М. В Шулейкина. В статьях сборника освещается биография ученого и его роль как общественного деятеля, учителя и воспитателя нескольких поколений советских радиоспециалистов. Ряд статей посвящен значению научной деятельности М. В. Шулейкина и созданной им научной школы в области распространения радиоволн.

П. А. Остряков, Михаил Александрович Бонч-Бруевич, Связьиздат, 1953.

Краткие воспоминания одного из старейших советских радиоспециалистов, посвященные преимущественно инженерно-технической деятельности выдающегося советского ученого М. А. Бонч-Бруевича.

Н. А. Никитин, Нижегородская радиолаборатория имени В И. Ленина, Связьиздат, 1954.

Краткий обзор основных работ Нижегородской радиолаборатории — первого советского научно-исследовательского радиоинститута. На основе документальных данных показывается приоритет отечественных ученых в разработке важнейших проблем в области радиотехники.

В. И. Шамшур, Первые годы советской радиотехники и радиолюбительства (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1954.

Исторический очерк, освещающий важнейшие этапы развития советской радиотехники, начиная от первых дней Великой Октябрьской социалистической революции и до конца первой пятилетки.

В книге излагается ленинский план радиофикации нашей Родины, рассказывается о работе Нижегородской радиолаборатории имени В. И. Ленина, о первых советских радиовещательных станциях и радиоприемниках, зарождении и развитии отечественной радиопромышленности и радиолюбительства.

Ф. Честнов, В мире радио, Воениздат, 1954.

Заключительная глава книги содержит очерки о создателях советской радиотехники

И. П. Жеребцов, Книга сельского радиолюбителя, Издательство ДОСААФ, 1955.

Первые две главы книги содержат очерки развития радио и радиолюбительского движения в СССР.

Н. Казанский, Радиолюбительский спорт, Издательство ДОСААФ, 1955.

Первая глава книги содержит краткий очерк развития радиолюбительского спорта в Советском Союзе.

Статьи

В. П. Вологдин, Путь ученого, Ленинградский альманах, Лениздат, 1953.

А. Таранцев, Валентин Иванович Коваленков, «Радио», 1954, № 4.

А. Минц, Энтузиасты радиотехники, «Радио», 1954, № 11.

И. Жеребцов, Радиолюбительство и политехническое обучение, «Радио», 1954, № 2.

М. Ходов, Радио в исследовании Советской Арктики, «Радио», 1954, № 11.

М. Шателен, Изобретатель радио А. С. Попов, «Радио», 1955, № 1.

В Шамшур, Первые коротковолновые радиолюбительские связи, «Радио», 1955, № 1.

В Шамшур, Юбилей ученого (к шестидесятилетию А. Л. Минца), «Радио», 1955, № 2.

З. Топурия, Радиотехника на службе советского народа, «Радио», 1955, № 3.

А. Берг, Радиоэлектроника, «Радио», 1955, № 5.

Э. Кренкель, «Говорит земля», «Знамя», 1956, № 1.

А. Таранцев, Великий русский ученый А. С. Попов — изобретатель радио, «Радио», 1956, № 1.

Михаил Андреевич Шателен, «Радио», 1956, № 3.

Н. Псурцев, За технический прогресс радиовещания и телевидения, «Радио», 1956, № 5.

В. Калмыков, Радиотехническая промышленность в 6-й пятилетке, «Радио», 1956, № 7.

И. Джигит, Лауреат золотой медали имени А. С. Попова (А. А. Пистелькорс), «Радио», 1956, № 7.

М. Кривошеев, В. Виноградов, Развитие передающей телевизионной сети в СССР, «Радио», 1956, № 2.

Герой Социалистического Труда С. А. Векшинский, «Радио», 1957, № 1.

Могучее средство культурного и технического прогресса (в помощь докладчикам и беседчикам ко Дню радио), «Радио», 1957, № 4.



ГЛАВА ВТОРАЯ

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК

ЧТО НУЖНО ЗНАТЬ ОБ ЭЛЕКТРОНЕ[1]

Перед нами на столе стоит радиоприемник. К нему присоединены антенна и питание — батареи или осветительная сеть.

Это приемник — электронная машина. Его оживляют и заставляют работать электроны.

Мы включили приемник. Под действием напряжения батарей или сети в приемнике, в его проводниках пришли в движение армии электронов. Их движение разогрело нити накала ламп, из катодов начали вырываться электроны; они полетели к анодам и стали путешествовать по всем цепям приемника.

Радиоволны далекой станции пересекли провод антенны и в нем также пришли в движение электроны. Они «заметались» в контурах, отчего изменилось напряжение на сетке первой лампы, и это заставило электронный поток внутри лампы изменить свою величину. Диктор на станции произнес слово, пришли в движение электроны в передающей и приемной антеннах, молниеносно пронесся этот импульс через все контуры, лампы и цепи приемника, обежал обмотки громкоговорителя и тот повторил сказанное диктором слово.

Миллиарды миллиардов электронов движутся в лампах и всех артериях приемника, оживляя его и превращая невидимые и неслышимые радиоволны в звуки музыки и человеческой речи.

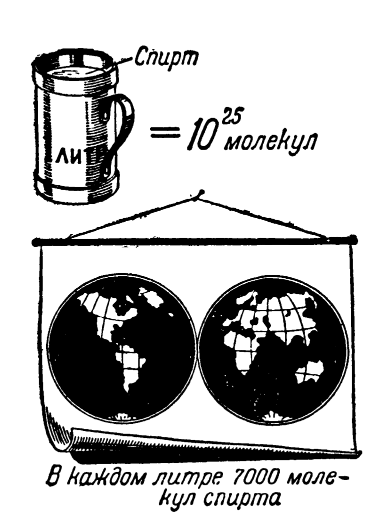
Что же такое электрон?

Каждое тело состоит из множества мельчайших частиц — молекул. Их так много, что цифры, которыми выражается их количество, нам уже ничего не говорят — мы не можем себе представить такие огромные количества. Что, например, может сказать цифра 10^{25} — число молекул в одном литре спирта? Мы можем уяснить себе всю грандиозность этой цифры только путем сопоставлений. Если всю воду, которая есть на земле в морях и океанах, смешать с одним литром спирта, то в каждом литре воды, где бы мы ни зачерпнули его на земном шаре, будет 7 000 молекул спирта.

Или вот еще пример. На юге нашей страны широко раскинулось прекрасное Черное море. Огромные пароходы бороздят его поверхность, сотни тысяч людей отдыхают на его лазурных берегах. Много ли капель воды в Черном море? На этот вопрос трудно сразу ответить. Нам трудно себе представить число капель даже в бочке воды, а тут — целое огромное море. Так вот, в капле воды столько же молекул, сколько капель в Черном море.

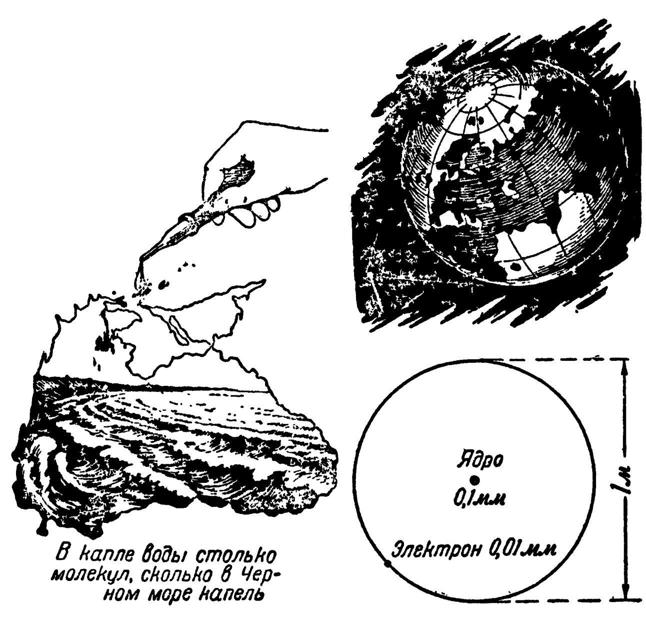
Каждая молекула состоит из атомов, например молекула воды состоит из трех атомов, а электрон — только малая частица атома. Как же он мал, этот электрон, и какое невообразимое количество электронов заключается в любом веществе?

Можно подумать, что если бы мы могли сделать какой-нибудь сверхмикроскоп и посмотрели бы через него на кусок вещества, то увидели бы огромное количество мельчайших частиц, набитых в веществе, если можно так



В каждом литре 7000 молекул спирта

[1] Л. Полевой, Радио, 1948, № 3.



В капле воды столько молекул, сколько в Черном море капель

выразиться, как «сельди в бочке». Но это не так. Если бы мы сделали такой фантастический сверхмикроскоп и направили его на кусок любого вещества, то увидели бы, что частицы вещества находятся на очень больших расстояниях друг от друга.

Чтобы лучше понять это, воспользуемся опять методом сравнений.

Возьмем булавочную головку и увеличим ее до размеров земного шара. При таком невероятном увеличении каждый атом булавочной головки будет иметь в поперечнике около метра. Но увы, в этом большом атоме мы ничего не увидим. Придется вооружиться лупой. При помощи лупы мы различим в центре атома его ядро, при таком грандиозном увеличении поперечник ядра будет около 0,1 *мм*, т. е. примерно равен толщине человеческого волоса. Ну а электрон? Его будет трудно различить даже при помощи лупы. Поперечник его еще раз в десять меньше. Толщина паутинной нити — вот что может дать представление о размерах электрона в таком «метровом» атоме.

Как видим, частицы вещества внутри атома занимают ничтожную долю его объема. Небольшая песчинка в центре метровой модели атома и несколько еле видимых пылинок — электронов, носящихся по круговым орбитам на разных расстояниях от центрального ядра,— вот и все, из чего состоит атом.

Если бы можно было один кубический метр какого-нибудь вещества спрессовать так, чтобы его частицы сдвинулись вплотную, то все они уместились бы в объеме, составляющем миллионные доли кубического миллиметра. Кубический метр превратился бы в невидимую пылинку, однако весящую столько же, сколько и весь кубометр.

Как же расположены электроны в атоме, действительные размеры которого ничтожны,— поперечник атома составляет всего одну стомиллионную долю сантиметра (10^{-8} *см*) и сколько в нем электронов?

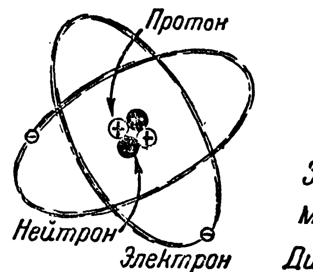
Чтобы ответить на эти вопросы, надо прежде всего сказать о том, что представляет собой электрон. Электрон — это мельчайшая частица вещества, заряженная отрицательным электричеством. Заряд электрона составляет $1{,}6 \cdot 10^{-19}$ *к* (кулона). Нужно взять $6{,}3 \cdot 10^{18}$ электронов, чтобы получить один кулон электричества.

Количество электронов в атоме зависит от строения его ядра. Ядро атома состоит из протонов — мельчайших частиц, обладающих таким же зарядом, как и электрон, но только положительным, и нейтронов, частиц такой же массы, как и протон, но не имеющих заряда. Число протонов и нейтронов в ядре атома зависит от рода вещества. Каждому химическому элементу соответствует определенное атомное ядро, причем число протонов в ядре равно числу нейтронов или несколько меньше его. Только атом самого легкого вещества — водорода — не содержит нейтронов; он состоит только из одного протона. В атоме газа гелия, например, два протона и два нейтрона, в атоме металла лития — три протона и четыре нейтрона. Ядро одного из самых тяжелых элементов — металла урана — состоит из 92 протонов и 146 нейтронов.

Число электронов в атоме как раз такое, какое нужно, чтобы уравновесить положительный заряд ядра. Значит, число электронов, окружающих ядро, равно числу протонов в ядре. В ядре атома водорода один протон, поэтому в этом атоме имеется всего лишь один электрон. Ядро атома урана окружают 92 электрона — целый электронный рой. Каждый атом в нормальном состоянии электрически нейтрален.

Почти вся масса атома сосредоточена в ядре. Масса электрона, составляющая $9 \cdot 10^{-28}$, почти в 2 000 раз меньше массы протона или нейтрона; поэтому массой электронов можно пренебречь по сравнению с массой ядра.

Электроны кружатся вокруг ядра по орбитам, как планеты вокруг Солнца, но на данном расстоянии от ядра может кружиться только вполне определенное количество электронов. Например, на первой орбите могут находиться не более чем два электрона. Если в атоме три электрона, то третий расположится на второй,



Электрон

Заряд = $1,6 \cdot 10^{-19}$ к

Масса = $9 \cdot 10^{-28}$ г

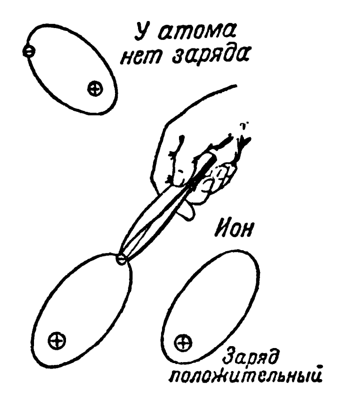
Диаметр = $1 \cdot 10^{-12}$ мм

более удаленной от ядра орбите. На второй орбите могут находиться не более чем восемь электронов, на следующей орбите — не более тридцати двух.

Надо сказать, что ядро атома ни при каких химических реакциях не подвергается изменениям. Если у атома отнять все электроны, то ядро все же не изменится и сохранит свойства, присущие атому данного вещества. В ядре за счет силы связи между составляющими его частицами заключен огромный запас энергии — той самой атомной энергии, секрет освобождения которой уже перестал быть секретом. Составить представление об этом количестве энергии можно по одной цифре — атомная энергия, заключенная в одном килограмме вещества, равна примерно 25 миллиардам киловатт-часов!

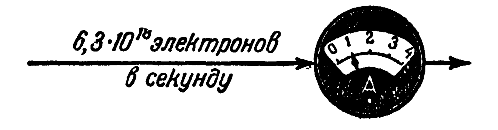
Электроны, летающие вокруг ядра, в некоторых случаях могут перепрыгивать с одной орбиты на другую и даже совсем уходить из «родного» атома. Все химические реакции происходят за счет взаимодействия наиболее удаленных от ядра электронов. За счет возмущений движения электронов внешних орбит возникают световые явления, а за счет возмущений движения электронов внутренних орбит возникают рентгеновские лучи.

Отрыв электрона от атома нарушает его электрический баланс. Лишенный одного или



нескольких электронов атом становится заряженным положительно; такой атом мы называем положительным ионом. Ионизировать какое-либо вещество значит отнять от его атомов по крайней мере по одному электрону. Ионизированный атом старается при первой возможности пополнить убыль электронов, захватывая «подвернувшиеся» электроны.

В металлах имеются так называемые полусвободные, слабо связанные с атомами электроны. Поэтому металлы и являются хорошими проводниками электрического тока. Электрический ток в металлическом проводнике



является не чем иным, как потоком электронов.

Единицей силы электрического тока является ампер. При токе в один ампер через поперечное сечение проводника в одну секунду протекает один кулон электричества. Как уже указывалось выше, он составляет $6,3 \cdot 10^{18}$ электронов. Следовательно, при токе в один ампер через поперечное сечение проводника в одну секунду протекает $6,3 \cdot 10^{18}$ электронов — невообразимо громадное количество.



Но не нужно думать, что электроны текут по проводам с большой скоростью; на самом деле они движутся очень медленно. Скорость электронов в медном проводе при наибольших допустимых плотностях тока составляет всего несколько миллиметров в секунду. Но импульс, вызвавший движение электронов, проносится по проводу с колоссальной скоростью (близкой к скорости света — 300 000 *км/сек*) и заставляет прийти в движение электроны на всем пути, который он успел пробежать. Скорость распространения этого импульса обычно близка к скорости света (300 000 *км/сек*); ее мы обычно и называем скоростью распространения тока.

Вот те краткие сведения об электроне, которые нужны начинающему радиолюбителю для того, чтобы сознательнее разбираться в явлениях, происходящих в приемнике. Без

знакомства с электроном — этой мельчайшей частицей электричества — нельзя понять работу электронной лампы, работу многих деталей приемника и всего приемника в целом.

ВВЕДЕНИЕ В ЭЛЕКТРОТЕХНИКУ[1]

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК И ВЕЛИЧИНА ТОКА. *Электрический ток в твердых проводниках представляет собой упорядоченное движение электронов вдоль проводника.*

Электроны всегда движутся от того места, где они находятся в избытке, т. е. от минуса, туда, где имеется недостаток их, т. е. к плюсу. Однако в электротехнике принято считать, что *ток идет от плюса к минусу*. Такое направление тока было установлено совершенно условно еще до открытия электронов. Переход к истинному направлению движения электронов представляет значительные трудности, так как для этого необходимо переделать все книги, учебники и учебные пособия по электрорадиотехнике.

Надо отметить, что скорость перемещения электронов в проводнике весьма незначительна и измеряется всего лишь долями сантиметра или миллиметра в секунду. Зато скорость распространения тока в проводе очень велика и достигает скорости света, т. е. 300 000 *км/сек*. Если на одном конце провода возникает ток, то этот процесс передается настолько быстро, почти мгновенно, что на другом конце провода ток пойдет практически в тот же момент. А сами электроны движутся очень медленно, испытывая все время столкновения и трение с частицами провода. Поэтому те электроны, которые пришли в движение у начала провода, очень не скоро дойдут до его конца.

Ток в проводе напоминает движение воды в длинной трубке, наполненной водой, на одном конце которой находится насос. Если накачивать в трубку воду насосом, то давление очень быстро передается вдоль трубки от одних частиц воды к другим и из открытого конца трубки потечет вода. Однако вода, добавленная насосом, будет двигаться гораздо медленнее и дойдет до конца трубки через значительный промежуток времени.

Чем больше электронов проходит в одну секунду через поперечное сечение провода тем больше будет ток. Условно ток обозначают буквой I или i и измеряют в особых единицах — *амперах*. Если ток равен одному амперу, то это значит, что в одну секунду через поперечное сечение провода проходит вполне определенное количество электронов, выражающееся огромным числом, состоящим из шестерки, тройки и семнадцати нулей!.. Некоторое представление об этом числе дает следующий пример. Если все эти электроны будут проходить не сразу, а по одному миллиону в секунду, то потребуется двести тысяч лет, чтобы все они прошли.

В обычных осветительных лампочках ток составляет несколько десятых долей ампера. В электронагревательных приборах он равен нескольким амперам, а в проводах мощных электрических линий может быть равен тысячам ампер и больше. Однако во многих случаях, особенно в радиоаппаратуре, ток бывает гораздо меньше одного ампера. Поэтому весьма часто применяют более мелкие единицы измерения тока — миллиампер, равный одной тысячной доле ампера, и микроампер, равный одной миллионной доле ампера. Сокращенно ампер обозначают буквой *а*, миллиампер — буквами *ма* и микроампер — буквами *мка*.

НАПРЯЖЕНИЕ И ЕГО ЕДИНИЦЫ. Второй основной величиной, характеризующей электрические явления, служит *напряжение*, обозначаемое буквой U или u. Для того чтобы в каком-либо проводнике возник электрический ток, т. е. чтобы электроны пришли в движение вдоль проводника, необходимо иметь на концах этого проводника различные электрические состояния или, как принято говорить, *различные электрические потенциалы*. На одном конце должен быть избыток электронов, а на другом — недостаток их. Напряжение характеризует именно эту разницу в электрических состояниях, т. е. разность потенциалов на концах проводника. Можно сказать, что напряжение является причиной возникновения электрического тока. Ток будет протекать в проводе тогда, когда есть напряжение.

Подобно этому газ или жидкость передвигается всегда из места с более высоким давлением в место с более низким давлением, т. е. только в случае наличия разницы в давлениях. Теплота переходит от одного тела к другому только в случае, если эти тела имеют разную температуру.

Единицей для измерения напряжения служит *вольт*, обозначаемый сокращенно буквой *в*. Кроме того, применяются более мелкие единицы: милливольт (*мв*), т. е. тысячная доля вольта, и микровольт (*мкв*), или миллионная доля вольта, а также более крупная единица киловольт (*кв*), равная 1 000 *в*.

В осветительной электросети напряжение составляет 127 или 220 *в*, а в электрических линиях высокого напряжения, идущих от элек-

[1] И. П. Жеребцов, Элементарная электротехника, Связьиздат, 1953.

тростанций, напряжение достигает сотен киловольт. Зато в антенне радиоприемника под действием радиоволн, приходящих от какой-либо далекой радиостанции, создается напряжение, измеряемое всего лишь несколькими микровольтами.

ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ. Различные вещества неодинаково проводят электрический ток и поэтому разделяются на проводники и диэлектрики (изоляторы). Влияние самого проводника на величину тока учитывается с помощью *электрического сопротивления,* зависящего от размеров проводника и его материала.

Сущность сопротивления заключается в том, что электроны при своем движении сталкиваются с частицами самого проводника и нагревают его.

Чем длиннее и чем тоньше провод, тем больше его сопротивление.

Из различных материалов наименьшим сопротивлением обладают серебро и медь. Несколько больше сопротивление у алюминия и еще больше у стали. В некоторых случаях бывает необходимо создать большое сопротивление для тока. Тогда используются провода из специальных сплавов высокого сопротивления, к которым относятся никелин, константан, манганин, нихром и др. Еще большие сопротивления делаются из угля. Нихром и некоторые другие сплавы обладают большой теплостойкостью, т. е. могут долго выдерживать высокую температуру, и поэтому применяются для электронагревательных приборов.

Для измерения сопротивлений служат единицы: *ом, килоом,* равный тысяче ом и *мегом,* равный миллиону ом. Эти единицы имеют сокращенные обозначения: *ом, ком* и *Мом.*

МОЩНОСТЬ И РАБОТА ТОКА. Электрический ток может производить работу, т. е. энергия тока может превращаться в какую-либо другую энергию, например в тепловую, световую, механическую. В электрорадиотехнике принято оценивать работоспособность тока по величине его мощности, которая обозначается буквой P.

Мощность — это работа, совершаемая в одну секунду. Иначе можно сказать, что мощность есть расход электрической энергии в одну секунду.

Единицей измерения мощности является *ватт,* сокращенно обозначаемый буквами *вт.*

Мощность тока, равная одному ватту, есть мощность тока в один ампер при напряжении в один вольт.

Чем больше напряжение и чем больше ток, тем больше мощность. Поэтому для расчета величины мощности тока нужно умножить напряжение в вольтах на ток в амперах. Иначе говоря, ватты равны вольтам, умноженным на амперы:

$$P = U \cdot I.$$

Например, если при напряжении 120 *в* через некоторое сопротивление проходит ток 3 *а*, то мощность тока в этом сопротивлении будет составлять 360 *вт.*

Часто бывает необходимо подсчитать мощность тока, когда не известны ток или напряжение, но известно сопротивление. Тогда нужно сначала определить по величине сопротивления ток или напряжение с помощью закона Ома, а затем уже рассчитывать мощность. Заменяя в основной формуле мощности ток или напряжение по формуле Ома, можно получить еще две удобные формулы для расчета мощности:

$$P = I^2 \cdot R, \text{ или } P = \frac{U^2}{R}.$$

Эти две формулы очень часто применяются для практических расчетов. Смысл их понять нетрудно.

Действительно, если, например, ток увеличился в два раза, то ясно, что это может получиться только благодаря повышению напряжения в два раза. Но если в два раза увеличились и напряжение и ток, то мощность возрастет в четыре раза, т. е. в квадрате по сравнению с увеличением тока.

При увеличении сопротивления для сохранения неизменной величины тока необходимо соответствующее увеличение напряжения. Во столько же раз возрастет и мощность, так как в этом случае увеличивается лишь одно напряжение, а ток остается постоянным.

Если напряжение, действующее на некоторое постоянное сопротивление, увеличить в несколько раз, то во столько же раз возрастет и ток. Значит, мощность возрастет в квадрате, так как напряжение и ток увеличились в одинаковое число раз. Но если при неизменном напряжении увеличить сопротивление, то соответственно уменьшится ток, а следовательно, и мощность также уменьшится. Поэтому во второй формуле сопротивление стоит в знаменателе.

Рассмотренные две формулы для расчета мощности как будто бы противоречат друг другу: по одной из них мощность при увеличении сопротивления увеличивается, а по другой — уменьшается. Но это противоречие только кажущееся, так как первый случай соответствует постоянному току, а второй — постоянному напряжению.

Для иллюстрации приводим следующие примеры. Пусть требуется найти мощность тока в 0,2 *а*, протекающего через сопротивление в 1 000 *ом*. Решение можно сделать двумя способами.

Найдем напряжение по закону Ома. Оно равно

$$U = 0{,}2 \cdot 1\,000 = 200 \text{ в}.$$

Теперь определим мощность:

$$P = 200 \cdot 0{,}2 = 40 \text{ вт}.$$

То же можно получить по формуле

$$P = 0{,}2^2 : 1\,000 = 0{,}2 \cdot 0{,}2 \cdot 1\,000 = 40 \text{ вт}.$$

Рассмотрим еще пример на определение мощности тока в лампочке, имеющей сопротивление 200 *ом*, которая питается напряжением в 100 *в*.

Проще всего применить формулу:

$$P = \frac{100^2}{200} = 50 \text{ вт}.$$

Но можно сначала найти ток

$$I = \frac{100}{200} = 0{,}5 \text{ а},$$

а затем уже найти мощность по основной формуле

$$P = 100 \cdot 0{,}5 = 50 \text{ вт}.$$

Иногда необходимо проделать обратный расчет, а именно: зная мощность, найти ток или напряжение

Например, пусть нужно определить ток в лампочке, имеющей мощность 300 *вт* при напряжении 120 *в*.

Так как мощность есть произведение напряжения на ток, то ясно, что для нахождения тока надо мощность разделить на напряжение:

$$I = \frac{P}{U} = \frac{300}{120} = 2{,}5 \text{ а}.$$

Кроме основной единицы мощности ватта, часто применяются еще следующие единицы: киловатт (*квт*), гектоватт (*гвт*), милливатт (*мвт*) и микроватт (*мквт*), соответственно равные 1 000 *вт*, 100 *вт*, 0,001 *вт* и 0,000001 *вт*.

Работа электрического тока или расход электрической энергии измеряется единицами, в которых за основу взяты единицы мощности и вместе с тем учитывается время прохождения тока. Мощность есть работа за одну секунду, а величина работы тока может соответствовать любому промежутку времени, в течение которого шел ток. Чем больше времени идет ток, тем больше величина работы.

Основной единицей работы тока является ватт-секунда (*втсек*), т. е. работа тока мощностью 1 *вт* в течение 1 *сек*. Эта единица слишком мала, так как обычно ток идет не одну секунду, а продолжительное время. Более крупной единицей служит ватт-час (*втч*), равный работе тока мощностью в 1 *вт* в течение 1 *ч*. Час имеет 60 *мин* по 60 *сек*, т. е. всего 3 600 *сек*. Поэтому 1 *втч* составляет 3 600 *втсек*.

Особенно широко применяются еще более крупные единицы: гектоватт-час (*гвтч*) и киловатт-час (*квтч*). Один гектоватт-час составляет 100 *втч*, а киловатт-час в 10 раз больше и равен 1 000 *втч*.

ПОСТОЯННЫЕ МАГНИТЫ И ИХ СВОЙСТВА. Уже давно было установлено, что некоторые сорта железной руды обладают способностью притягивать к себе стальные предметы. Это явление было названо *магнетизмом*, а куски железной руды, обладающие магнитными свойствами, называли магнитами. Если натереть таким естественным магнитом кусок закаленной стали, то последний сам становится магнитом. На практике применяют именно такие стальные или *искусственные магниты*. В настоящее время сильные магниты делают путем намагничивания закаленной стали электрическим током.

Вещества, притягивающиеся к магниту, называются *ферромагнитными*. К ним относятся сталь, никель, а также многие сплавы. Закаленная сталь сохраняет долго свои магнитные свойства и поэтому может служить *постоянным магнитом*. Мягкая сталь после прекращения намагничивания почти полностью теряет магнитные свойства и у нее остается лишь небольшой *остаточный магнетизм*.

Рассмотрим основные свойства постоянных магнитов.

Каждый магнит притягивает ферромагнитные предметы наиболее сильно на своих концах, называемых полюсами. Магнит, подвешенный на нитке или укрепленный на вертикальной оси, всегда стремится одним своим полюсом повернуться на север. Этот полюс магнита называют *северным полюсом* и обозначают большой буквой С. Второй полюс называется *южным* и обозначается буквой Ю.

Взаимодействие магнитов друг с другом происходит так, что одинаковые полюсы, т. е. северный с северным или южный с южным, *отталкиваются*, а различные полюсы, т. е. южный с северным, *притягиваются*.

Северный и южный магнитные полюсы всегда получаются одновременно на концах каждого магнита. Отдельно получить один из магнитных полюсов невозможно.

Материальная среда вокруг магнита, в которой действуют магнитные силы, называется *магнитным полем*. Магнит притягивает к себе ферромагнитные предметы не только через воздух, но и через многие другие вещества, как, например, через стекло, картон, медь, воду и т. д., а также через разреженное безвоздушное пространство. Таким образом, магнитное поле образуется вокруг магнита в любых веществах и представляет собой особую форму материи. По мере удаления от магнита поле постепенно ослабевает.

Магнитные силы действуют в магнитном поле по определенным направлениям, которые

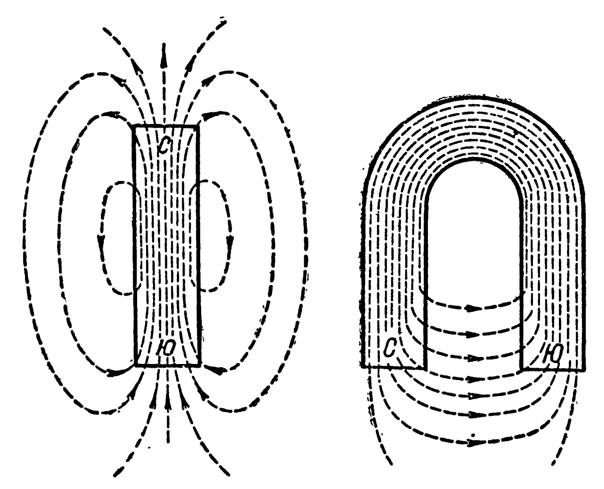


Рис. 1. Магнитное поле прямого и подковообразного магнитов.

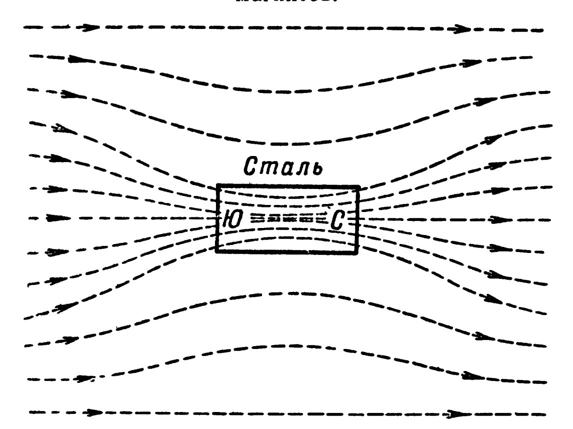


Рис. 2. Намагничивание стали в магнитном поле.

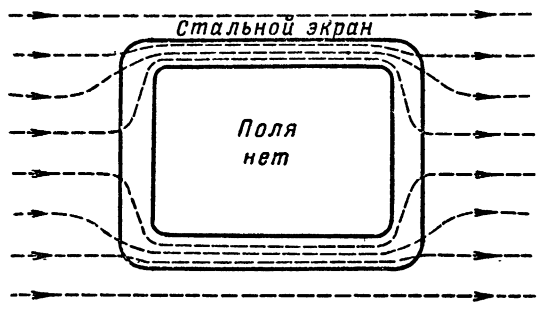


Рис. 3. Магнитное экранирование.

называются *магнитными силовыми линиями.* Условились считать, что магнитные силовые линии во внешнем пространстве идут от *северного полюса к южному.* Они являются замкнутыми линиями и продолжаются внутри магнита.

На рис. 1 показаны силовые линии магнитного поля для прямого и подковообразного магнитов. Все силовые линии данного магнита составляют его *полный магнитный поток.*

Если в магнитное поле поместить какой-либо предмет из стали или другого ферромагнитного материала, то он под действием поля сам намагничивается. При этом силовые линии поля как бы пронизывают этот предмет (рис. 2). Сталь как бы втягивает в себя магнитные силовые линии и поэтому может служить для защиты от действия магнитного поля, т. е. может быть *магнитным экраном.*

Когда нужно защитить какой-либо прибор от внешнего магнитного поля, то этот прибор следует окружить со всех сторон экраном из мягкой стали. Тогда магнитный поток пройдет по экрану и не попадет в пространство внутри экрана (рис. 3).

По современным воззрениям молекулы ферромагнитных материалов представляют собой микроскопические магнитики. В ненамагниченном предмете они расположены в беспорядке, но под действием магнитного поля многие из них поворачиваются своими северными полюсами в одну сторону, а южными полюсами — в другую. Поэтому на концах предмета образуются полюсы. Молекулярные магнитики, повернувшись и «выстроившись» в определенном порядке, в закаленной стали остаются в таком положении после прекращения действия намагничивающего поля, а в мягкой стали почти все они снова принимают прежнее беспорядочное расположение и магнетизм почти полностью исчезает.

Постоянные магниты размагничиваются от ударов и толчков, а также от нагревания, так как от этого нарушается правильный порядок расположения элементарных магнитиков.

Всякий ферромагнитный предмет можно намагнитить лишь до некоторого предела, называемого *магнитным насыщением,* после чего дальнейшее усиление магнитного поля уже не будет вызывать заметного увеличения магнетизма. Это означает, что уже все молекулярные магнитики повернулись и стали в строгом порядке вдоль силовых линий поля. При более слабом намагничивании часть магнитиков остается в беспорядке.

Для изготовления очень сильных постоянных магнитов последнее время применяют особые сорта стали, содержащие примеси других металлов, например алюминиево-никелевую сталь и другие.

ЭЛЕКТРОМАГНИТЫ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ. Еще в прошлом веке было установлено, что вокруг провода с электрическим током образуется магнитное поле, причем его силовые линии имеют вид колец, охватывающих провода (рис. 4). Чем сильнее ток, тем сильнее магнитное поле вокруг провода.

Чтобы получить с помощью электрического

тока более сильное магнитное поле, применяют катушки из проволоки. Тогда магнитные поля отдельных витков катушки складываются и их силовые линии как бы сливаются в один общий магнитный поток. Магнитное поле катушки очень напоминает поле постоянного магнита. На конце катушки, на котором ток идет по часовой стрелке, получается южный полюс, а на другом конце — северный полюс (рис. 5). Изменив направление тока, можно изменить направление магнитного потока, и тогда магнитные полюсы на концах катушки переменятся.

Магнитный поток катушки усиливается во много раз, если в катушку вставить стальной сердечник. Это объясняется тем, что сталь под действием поля намагничивается и создает добавочный магнитный поток, более сильный, чем поле самой катушки (рис. 6).

Катушка со стальным сердечником называется *электромагнитом*. Чем больше число витков катушки электромагнита и ток в ней, тем больше магнитный поток и тем сильнее электромагнит. Принято говорить, что магнитный поток в электромагните тем сильнее, чем больше число *ампервитков*, т. е. произведение тока в амперах на число витков. Например, один и тот же магнитный поток можно получить, если взять катушку в 50 витков с током в 10 *а* или если ток в 1 *а* пропустить через катушку в 500 витков. В обоих случаях электромагнит имеет 500 ампервитков.

Магнитный поток в электромагните зависит также от конструкции сердечника. Для увеличения магнитного потока нужно, чтобы силовые линии по возможности не шли по воздуху, так как воздух имеет большое *магнитное сопротивление* для силовых линий. Наиболее сильный магнитный поток получится в замкнутом сердечнике (рис. 7). В нем силовые линии на всем своем пути идут по стали, у которой магнитное сопротивление во много раз меньше, чем у воздуха.

Даже небольшой воздушный зазор в таком замкнутом сердечнике резко увеличивает магнитное сопротивление и уменьшает магнитный поток. Нельзя также брать сердечник с недостаточной площадью поперечного сечения, так как тогда может наступить магнитное насыщение и при дальнейшем увеличении ампервитков магнитный поток уже не будет усиливаться.

Важную роль играет материал сердечника. Сердечник из закаленной стали намагничивается гораздо слабее, чем сердечник из мягкой стали, но зато после выключения тока он остается намагниченным. Таким способом теперь изготовляют постоянные магниты.

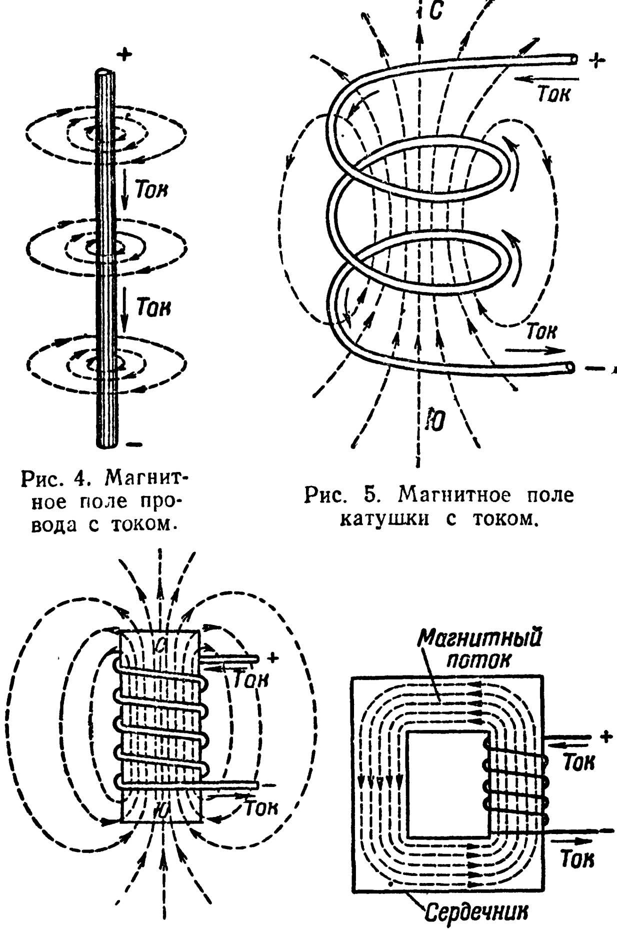


Рис. 4. Магнитное поле провода с током.

Рис. 5. Магнитное поле катушки с током.

Рис. 6. Магнитный поток катушки с прямым сердечником.

Рис. 7. Магнитный поток в замкнутом сердечнике.

Мягкая сталь, а также некоторые ферромагнитные сплавы имеют наименьшее магнитное сопротивление для силовых линий и в них получается наиболее сильный магнитный поток. Но зато они обладают весьма малым остаточным магнетизмом и при выключении тока почти полностью размагничиваются. Сердечники электромагнитов делаются именно из таких материалов и поэтому электромагниты являются временными магнитами: они действуют только в течение того времени, пока идет ток в обмотке. Во многих случаях это свойство электромагнитов является весьма ценным.

ПРОВОДНИКИ И ИЗОЛЯТОРЫ[1]

Разнообразны материалы, применяемые в электротехнике. Некоторые элементы периодической системы Менделеева используются

[1] Г. И. Бабат, Электричество работает, Госэнергоиздат, 1949.

в электротехнике в чистом виде. Другие входят в различные химические соединения, важные для электротехники. Трудно назвать материал, который бы не относился к «строительным материалам электротехники». Можно выделить две большие группы материалов: те, у которых удельное электросопротивление измеряется микроомами,— это *проводники,* и материалы, имеющие удельное электросопротивление выше миллиона мегом, называемые *изоляторами* или *диэлектриками.*

Деление всех окружающих нас материалов на проводники и изоляторы возникло впервые 300 лет назад. Физики того времени исследовали электризацию трением и установили, что... «янтарь, шелк, волосы, смолы, стекло, драгоценные камни, сера, каучук, фарфор не проводят электричества, а металлы, уголь, живые ткани растений, наоборот, электричество передают».

Но как всякая классификация, так и это деление всех материалов на изоляторы и проводники электричества относительно и не всегда справедливо.

Стекло, к примеру, при комнатной температуре относится к хорошим изоляторам. Но при красном калении оно довольно хорошо проводит ток. Стеклянную палочку или трубочку можно включить последовательно в провода от штепселя к осветительной лампе. Пока стекло холодное, лампочка не горит. Но стоит подогреть стекло (горелкой, например), и лампочка зажжется. Стекло пропустит через себя ток.

ПРИРОДА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПРОВОДИМОСТИ. Ток проводимости—это движение заряженных частиц, а такими частицами могут быть электроны и заряженные атомы, т. е. атомы, у которых недостает одного или более электронов или, наоборот, имеется избыток электронов. Нейтральные атомы остаются неподвижными под действием электрических сил, а заряженные ускоряются пропорционально их заряду и обратно пропорционально их массе. Эти заряженные атомы называются *ионами* (по-гречески это значит странниками). Атомы с недостачей электронов — ионы положительные, атомы с избытком электронов — ионы отрицательные.

В металлах имеется много не связанных с атомами электронов; самые слабые электрические силы приводят эти электроны в движение. Поэтому металлы хорошо проводят ток и такая проводимость называется *электронной.*

Кроме металлов электронной проводимостью обладают и некоторые соединения, например сернистая медь.

В стекле, бумаге, фарфоре таких полусвободных электронов при комнатной температуре нет. Эти вещества могут проводить ток только за счет движения ионов. *Ионной проводимостью* обладает также обычная поваренная соль и многие другие материалы.

Есть еще вещества со *смешанной проводимостью* — это такие, в которых ток переносится и ионами, и электронами.

Когда вещество раскалено, когда оно светится, многие из его атомов ионизированы. В таком состоянии вещество не является изолятором. Чем прочнее химическое соединение, чем более высокая температура нужна для его разложения, тем лучше оно может работать как изолятор. Окись алюминия, например, может служить изолятором при температурах около 1 000°. Окисью алюминия изолируют вольфрамовые подогреватели для катодов электронных ламп. Но при еще более высоком нагреве и этот материал проводит ток. При очень высоких температурах нет электрических изоляторов, как нет и химических соединений, существуют одни только проводники. Правда, довольно плохие проводники с высоким электросопротивлением.

Но вернемся снова в область комнатных температур.

Вода очень хорошо очищенная — это почти изолятор. Но достаточно малейших загрязнений, чтобы вода стала проводником. В замерзшем же виде даже загрязненная вода становится довольно хорошим изолятором. Можно прокладывать по снегу голые высоковольтные провода и утечки тока почти не будет.

Вода с растворенными в ней соединениями называется *электролитом.* В электролитах свободных электронов не бывает, а ток в электролитах проводится ионами. Поэтому ионную проводимость часто называют еще *электролитической проводимостью.*

Электролитическая проводимость всегда связана с переносом вещества. Отрицательные ионы движутся к положительному полюсу — аноду, а положительные ионы к отрицательному полюсу — катоду.

Окружающий нас мир в своем естественном состоянии — в значительной части мир изоляторов. К ним относятся все газы, большинство горных пород, сухая древесина.

Впрочем, надо заметить, что при очень высоких электрических напряжениях все без исключения изоляторы становятся проводниками. В них происходит пробой. Связь между частицами нарушается. В сильных электрических полях нет изоляторов.

НЕПРОВОДНИКИ И НЕИЗОЛЯТОРЫ. Существует множество веществ с сопротивлением сантиметрового кубика в пределах от единиц ом до килоом. Электротехника прошло-

го века отбрасывала подобные материалы. В то время электротехника строилась еще весьма грубо. Материал должен был или хорошо проводить электрический ток или изолировать его, иначе он просто считался неэлектротехническим.

В живом организме циркулируют электрические токи. Но в нем нет ни одной детали, которая проводила бы ток так же хорошо, как медь, или изолировала, как янтарь. Живой организм состоит из *полупроводников*. Одни с большим электросопротивлением, как жировые вещества, другие с меньшим, как мышцы.

Современная электротехника широко применяет полупроводники. Контакт металлов и полупроводников обладает свойством выпрямлять переменные токи. Из закиси меди, из селена строят выпрямители для зарядки аккумуляторов, для питания реле и радиоаппаратуры, для измерительных устройств. Различные кристаллы, как сернистый свинец, сернистая медь, карборунд, ферросилиций, применяются как детекторы для радиоприема. В последние годы для сантиметровых волн, радиолокации и многократной связи применяются детекторы из германия, имеющие особо хорошие качества.

Контакт металла с полупроводником может генерировать электромагнитные колебания и усиливать электрические токи. Впервые это показал советский радиолюбитель О. Лосев более тридцати лет назад.

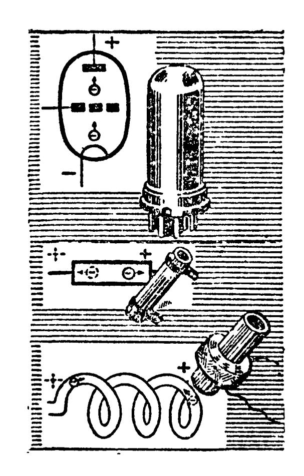
ЧЕТЫРЕ ВИДА ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТОКА[1]

Понятие электрического тока обычно связывается с движением электронов. Мы представляем себе электрический ток как поток бесчисленного количества электронов, несущихся по проводам или через пустоту электронной лампы.

Но электрический ток — это не обязательно поток электронов. Электрический ток есть движение электрических зарядов, а зарядом обладают не только электроны. Да и сам характер движения зарядов может быть различным, в том числе таким, для какого определение «поток» не всегда оказывается подходящим.

Сколько же видов электрического тока можно насчитать?

В большинстве случаев нам приходится иметь дело с электрическим током в металлических проводниках. Этот ток действительно представляет собой организованное движение электронов, для определения которого подходит слово «поток». Подобный характер имеет и ток в межэлектродном пространстве электронных ламп, который может служить образцовым примером потока свободно несущихся электронов.



Этот вид электрического тока наиболее известен, и на нем поэтому не стоит подробно останавливаться.

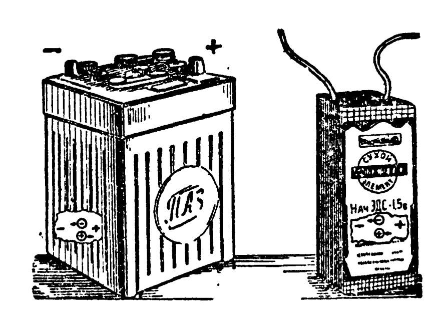
Весьма распространенными носителями электрических зарядов являются ионы. Атомы в своем нормальном состоянии электрически нейтральны: положительный заряд ядра полностью уравновешивается отрицательными зарядами электронов в электронных «оболочках» атома. Но атомы могут терять электроны или же захватывать лишние, «сверхкомплектные» электроны. В обоих случаях атом становится ионом.

Атом с недостающими электронами имеет положительный заряд, а с излишними — отрицательный. Упорядоченное движение ионов тоже представляет собой электрический ток.

Но не везде ионы могут передвигаться свободно. В твердых проводниках для этого нет подходящих условий. Даже маленькому электрону трудно пробираться сквозь чащу атомов и молекул твердого вещества, а поперечник иона-атома почти в миллион раз больше. Наоборот, в жидких проводниках электрический ток образуется главным образом движением ионов. Отрицательные ионы движутся к положительному полюсу, положительные — к отрицательному. В электролите аккумуляторов и гальванических элементов течет ионный ток.

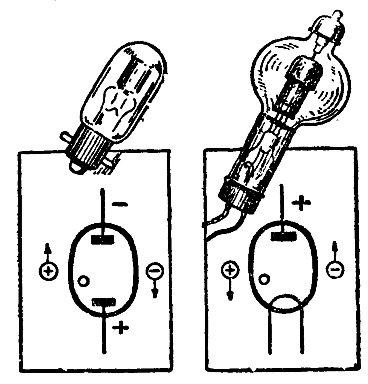
Образующие электрический ток ионы движутся только в жидкости, но «войти» в твердые электроды, посредством которых ток подводится к жидкости, ионы не могут. В электродах движутся только электроны. Поэтому на границе между жидкостью и электродами происходит своего рода преобразование ионного тока в электронный и наоборот. Положительные ионы, притягиваясь к отрицательному электроду, на котором имеются избыточные электроны, заимствуют у него недостающие у них электроны и превращаются в нейтральные атомы. К положительному электроду, обедненному электронами, притягиваются отрицательные ионы и отдают ему свои избыточные электроны, тоже превращаясь в нейтральные атомы.

[1] Л. В. Кубаркин, Е. А. Левитин, Занимательная радиотехника, Госэнергоиздат, 1956.



К этому следует добавить, что ионами, образующими электрический ток в жидкости, могут быть не только атомы с недостающими или избыточными электронами. Ток в жидкости могут образовать не только одиночные ионы, но и более сложные образования, например ионизированные молекулы. Поэтому в зоне соприкосновения жидкости с твердым проводником могут выделяться не только нейтральные атомы, но и молекулы. Такова же природа электрического тока и в газах, где имеют место как ионные, так и электронные процессы. На поверхности электродов прибора (неоновых ламп, газотронов и др.) происходит такое же преобразование ионного тока в электронный, как и при переходе тока из жидкости в твердый электрод. В электровакуумных приборах, например электронных лампах, электрический ток образуется электронами, но и здесь могут параллельно существовать и ионные токи. Например, работа электронно-лучевых трубок основана на использовании тонкого пучка электронов, но наряду с потоком электронов в этих трубках существует и поток ионов. Вследствие ионной бомбардировки на экранах телевизоров образуются завоевавшие себе печальную известность ионные «пятна». Теперь для защиты экрана от бомбардировки ионами (отрицательными ионами кислорода) в электронно-лучевых трубках делают специальные «ионные ловушки».

Большим своеобразием отличается физическая природа электрического тока в полупроводниках. Она очень сложна и не отличается постоянством; она изменяет свой характер в соответствии со многими причинами: материалом полупроводника, температурой, наличием примесей.



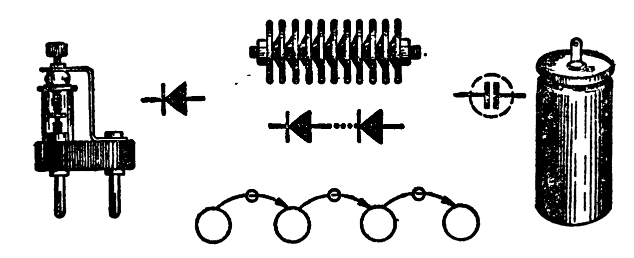
Чистый полупроводник при низкой температуре подобен изолятору. Все его электроны прочно удерживаются в своих атомах. Свободных зарядов нет, полупроводник ведет себя как изолятор. Однако электроны в атомах полупроводника удерживаются не так прочно, как в атомах изолятора. При нагревании, облучении светом, электроны получают дополнительную энергию, достаточную для того, чтобы оторваться от атома и получить возможность передвигаться. В результате в полупроводнике появляются свободные заряды, создающие проводимость. Если к полупроводнику приложить напряжение, то в нем начнется движение электронов, возникнет ток. Это будет электронный ток.

Но в полупроводниках возможен не только электронный ток. Атом, потерявший электрон, становится положительным ионом. Положительный ион под воздействием электрического поля притягивает к себе недостающий электрон от соседнего «нормального» атома, превращая его тем самым в положительный ион. Этот вновь образованный ион в свою очередь заимствует недостающий электрон у следующего атома и т. д. Физики называют неподвижный положительный ион с недостатком электрона «дыркой», а ток, который создается в результате кажущегося движения «дырки»,— «дырочным».

В итоге получается нечто подобное движению положительного иона, хотя сами ионы при этом сохраняют неподвижность. Это можно наглядно представить себе на примере того вида иллюминации, который известен под названием «бегущего огня». Чтобы создать представление движущегося огня, не обязательно передвигать лампу. Можно установить цепочку ламп и зажигать их по очереди. Этот способ часто используется при устройстве различных электрических реклам.

Приведенное здесь толкование процессов, происходящих в полупроводниках, несколько отличается от распространенных в настоящее время способов объяснения этих процессов. Подобное упрощенное толкование введено для того, чтобы облегчить понимание весьма сложной природы электрического тока в полупроводниках.

В зависимости от характера полупроводника говорят, что он обладает «электронной» или «дырочной» проводимостью. У некоторых полупроводников соответствующей обработкой можно получить как электронную, так и дырочную проводимость. К таким полупроводни-



кам относится, например, германий. Эта обработка в основном состоит в присадке к полупроводнику соответствующих примесей в нужных количествах.

Четыре рассмотренных вида электрического тока широко используются в радиотехнике. Как видим, электрический ток далеко не всегда образуется электронами и не так уже часто по своему характеру соответствует понятию «поток». С наибольшим правом можно считать электрический ток потоком электронов лишь в электронных лампах.

Но этими четырьмя видами не исчерпываются возможные виды электрического тока. Физики получают, например, достаточно мощные потоки протонов и ядер гелия, имеющих положительный заряд, движение которых представляет собой электрический ток. Некоторые физические опыты сопровождаются появлением позитронов — положительных электронов, движение которых тоже является электрическим током. Практического использования в радиотехнике эти токи пока не получили, но реальные пути к этому уже намечены, например в виде создания так называемых атомных батарей. Электродвижущая сила у этих батарей создается не в результате химических реакций, как у гальванических элементов или аккумуляторов, а вследствие радиоактивного распада атомов вещества, сопровождаемого излучением заряженных частиц.

В тех атомных батареях, действующие образцы которых уже фактически созданы, используется бета-распад одного из радиоактивных изотопов стронция — стронция 90.

В КАКУЮ СТОРОНУ ТЕЧЕТ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК[1]

Можно ли ответить на этот вопрос?

В отдаленные времена, когда физики изучали сравнительно очень узкий круг известных им электрических явлений, были введены понятия положительного и отрицательного электричества. Знак плюс присвоили «стеклянному» электричеству — тому электрическому заряду, который возникает на стекле в результате натирания его шелком. Отрицательным электричеством стали считать «сургучное» — заряд, возникающий на сургуче, натертом шерстью. В дальнейшем условились считать, что электрический ток течет от плюса к минусу.

Такая терминология оказалась удобной. Она устраивала и физиков и техников и сохранилась до наших дней. На ее базе сформулированы все основные законы, правила и зависимости учения об электричестве.

Однако несоответствие подобной терминологии физической сущности электрических явлений стало очевидным уже в последние годы прошлого столетия, когда были открыты электроны. Это открытие доказало, что электрический ток имеет «зернистую» структуру и представляет собой поток мельчайших отрицательных зарядов — электронов. Электроны движутся от минуса к плюсу, т. е. в направлении, обратном тому, какое было установлено на заре электротехники.

Это породило двойственность и путаницу. Во многих случаях, когда речь шла о направлении тока, приходилось специально оговаривать, как понимать направление: «по току» или «по электронам». Особенно болезненно эта терминологическая двойственность чувствуется в радиотехнике, где для уяснения работы схем и приборов часто бывает необходимо учитывать именно направление движения электронов. Например, в какую сторону «проводит» электронная лампа? Если считать «по току», то лампа проводит от анода к катоду, а если «по электронам», то от катода к аноду.

Часто высказывается мысль о необходимости устранить двойственность терминологии и установить единообразие в представлении о направлении тока.

Можно ли осуществить подобное единообразие?

Это сделать не так легко, как кажется. Конечно, не трудно изъять из всей выходящей литературы упоминание об электрическом токе в его старом толковании и ввести... А что же ввести? Направление движения электронов? А почему именно электронов? Мы теперь знаем, что электрический ток есть движение электрических зарядов, к которым относятся и электроны, и протоны, и ионы, и позитроны. Электроны и отрицательные ионы движутся от нашего условного минуса к столь же условному плюсу, а положительные ионы, протоны и позитроны движутся в обратном направлении. Можно составить цепь из



[1] Л. В. Кубаркин, Е. А. Левитин, Занимательная радиотехника, Госэнергоиздат, 1956.

металлических проводников, гальванических элементов, полупроводниковых выпрямителей и т. п., в отдельных участках которой электрические заряды, образующие электрический ток, будут двигаться в противоположных направлениях. Что принять за направление тока в полупроводниковом диоде, в котором электроны движутся в одном направлении, а «дырки» — в обратном? В полупроводниковом триоде получается совсем запутанная картина направлений движения токов и зарядов.

Как видим, вопрос о направлении тока не так-то прост.

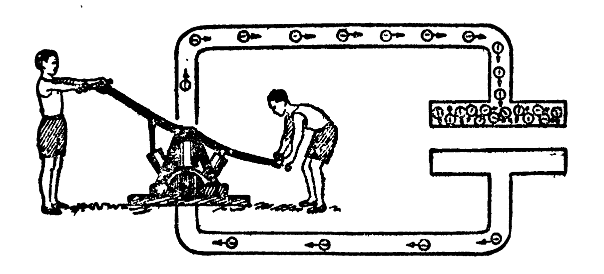
ПРОХОДИТ ЛИ ТОК ЧЕРЕЗ КОНДЕНСАТОР?[1]

Проходит электрический ток через конденсатор или не проходит?

Повседневный радиолюбительский опыт убедительно говорит, что постоянный ток не проходит, а переменный проходит. Это легко подтвердить опытами. Можно зажечь лампочку, присоединив ее к сети переменного тока через конденсатор. Громкоговоритель или телефонные трубки будут продолжать работать, если их присоединить к приемнику не непосредственно, а через конденсатор.

Конденсатор представляет собой две или несколько металлических пластин, разделенных диэлектриком. Этим диэлектриком чаще всего бывает слюда, воздух или керамика, являющиеся наилучшими изоляторами. Вполне естественно, что постоянный ток не может пройти через такой изолятор. Но почему же проходит через него переменный ток? Это кажется тем более странным, что такая же самая керамика в виде, например, фарфоровых роликов прекрасно изолирует провода переменного тока, а слюда прекрасно выполняет функции изолятора в паяльниках, электроутюгах и других нагревательных приборах, исправно работающих от переменного тока.

Посредством некоторых опытов мы могли бы «доказать» еще более странный факт: если в конденсаторе заменить диэлектрик со сравнительно плохими изоляционными свойствами другим диэлектриком, который является лучшим изолятором, то свойства конденсатора изменятся так, что прохождение переменного тока через конденсатор будет не затруднено, а, наоборот, облегчено. Например, если включить лампочку в цепь переменного тока через конденсатор с бумажным диэлектриком и затем



заменить бумагу таким прекрасным изолятором, как стекло или фарфор такой же толщины, то лампочка начнет гореть ярче. Подобный опыт позволит прийти к заключению, что переменный ток не только проходит через конденсатор, но что он к тому же проходит тем легче, чем лучшим изолятором является его диэлектрик.

Однако, несмотря на всю кажущуюся убедительность подобных опытов, электрический ток — ни постоянный, ни переменный — через конденсатор не проходит. Диэлектрик, разделяющий пластины конденсатора, служит надежной преградой на пути тока, каким бы он ни был — переменным или постоянным. Но это еще не означает, что тока не будет и во всей той цепи, в которую включен конденсатор.

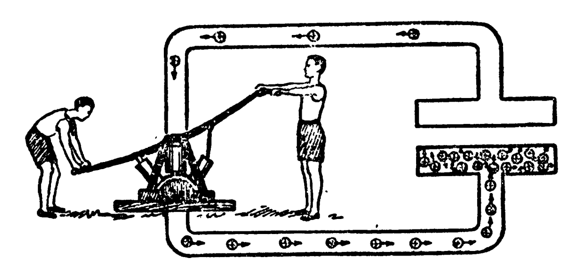
Конденсатор обладает определенным физическим свойством, которое мы называем емкостью. Это свойство состоит в способности накапливать на обкладках электрические заряды. Источник электрического тока можно грубо уподобить насосу, перекачивающему в цепи электрические заряды. Если ток постоянный, то электрические заряды перекачиваются все время в одну сторону.

Как же будет вести себя в цепи постоянного тока конденсатор? Наш «электрический насос» будет качать заряды на одну его обкладку и откачивать их с другой обкладки. Способность конденсатора удерживать на своих обкладках (пластинах) определенную разницу количества зарядов и называется его емкостью. Чем больше емкость конденсатора, тем больше электрических зарядов может быть на одной обкладке по сравнению с другой.

В момент включения тока конденсатор не заряжен — количество зарядов на его обкладках одинаково. Но вот ток включен. «Электрический насос» заработал. Он погнал заряды на одну обкладку и начал откачивать их с другой. Раз в цепи началось движение зарядов, значит в ней начал протекать ток. Ток будет течь до тех пор, пока конденсатор не зарядится полностью. По достижении этого предела ток прекратится.

Следовательно, если в цепи постоянного тока есть конденсатор, то после ее замыкания

[1] Л. В. Кубаркин, Е. А. Левитин, Занимательная радиотехника, Госэнергоиздат, 1956.



ток в ней будет течь столько времени, сколько нужно для полного заряда конденсатора.

Если сопротивление цепи, через которую заряжается конденсатор, сравнительно невелико, то время заряда оказывается очень коротким: оно длится ничтожные доли секунды, после чего течение тока прекращается.

Иное дело в цепи переменного тока. В этой цепи «насос» перекачивает электрические заряды то в одну, то в другую сторону. Едва создав на одной обкладке конденсатора превышение количества зарядов по сравнению с количеством их на другой обкладке, насос начинает перекачивать их в обратном направлении. Заряды будут циркулировать в цепи непрерывно, значит в ней, несмотря на присутствие не проводящего ток конденсатора, будет существовать ток — ток заряда и разряда конденсатора.

От чего будет зависеть величина этого тока?

Под величиной тока мы понимаем количество электрических зарядов, протекающих в единицу времени через поперечное сечение проводника. Чем больше емкость конденсатора, тем больше зарядов потребуется для его «заполнения», значит тем сильнее будет ток в цепи. Емкость конденсатора зависит от величины пластин, расстояния между ними и рода разделяющего их диэлектрика, его диэлектрической проницаемости. У фарфора диэлектрическая проницаемость больше, чем у бумаги, поэтому при замене в конденсаторе бумаги фарфором ток в цепи увеличивается, хотя фарфор является лучшим изолятором, чем бумага.

Величина тока зависит также от его частоты. Чем выше частота, тем больше будет ток. Легко понять, почему это происходит, представив себе, что мы наполняем водой через трубку сосуд емкостью, например, один литр и затем выкачиваем ее оттуда. Если этот процесс будет повторяться раз в секунду, то по трубке в секунду будет проходить два литра воды: литр в одну сторону и литр в другую. Но если мы удвоим частоту процесса — будем заполнять и опорожнять сосуд 2 раза в секунду, то по трубке в секунду пройдет уже четыре литра воды — увеличение частоты процесса при неизменной емкости сосуда привело к соответствующему увеличению количества воды, протекающей по трубке.

Из всего сказанного можно сделать следующие выводы: электрический ток — ни постоянный, ни переменный — через конденсатор не проходит. Но в цепи, соединяющей источник переменного тока с конденсатором, течет ток заряда и разряда этого конденсатора. Чем больше емкость конденсатора и выше частота тока, тем сильнее будет этот ток.

Эта особенность переменного тока чрезвычайно широко используется в радиотехнике. На ней основано и излучение радиоволн. Для этого мы возбуждаем в передающей антенне высокочастотный переменный ток. Но почему же ток течет в антенне, ведь она не представляет собой замкнутую цепь? Он течет потому, что между проводами антенны и противовеса или землей существует емкость. Ток в антенне представляет собой ток заряда и разряда этой емкости, этого конденсатора.

СКОЛЬКО ВОЛЬТ В СЕТИ?[1]

Странный вопрос! — может сказать читатель. Всем известно сколько: 120 *в*. А если говорить совершенно точно, то 127 *в*.

Так ли это?

Мы с вами собрали выпрямитель по самой простой схеме, она показана на рис. 1. В схеме нет трансформатора, нет никакого повышения напряжения. Поэтому мы вправе ожидать, что напряжение на выходе выпрямителя, работающего без нагрузки, будет равно напряжению сети, т. е. 127 *в*.

Выпрямитель включен в сеть. Берем высокоомный вольтметр постоянного тока и присоединяем его к выходным зажимам выпрямителя. Вольтметр показывает ...179 *в*!

Откуда взялись эти 179 *в*? Может быть в сети получилось случайное перенапряжение. Ведь бывает иногда, что осветительные лампочки горят чрезмерно ярко, горят с явным перекалом. Попробуем для проверки осторожно включить в сеть 127-вольтовую электроплитку (рис. 2). Как она будет накаливаться?

Включили. Никаких намеков на перекал. Плитка нормально светится оранжево-красным накалом. Судя по накалу плитки, в сети нормальное напряжение 127 *в*.

Откуда же взялось такое высокое напряжение на выходе выпрямителя?

Попробуем для проверки измерить его другим способом. Соберем схему мостика из выпрямительных элементов и присоединим к ней наш высокоомный вольтметр, как показано на

[1] В. В. Енютин, «Радио», 1947, № 1.

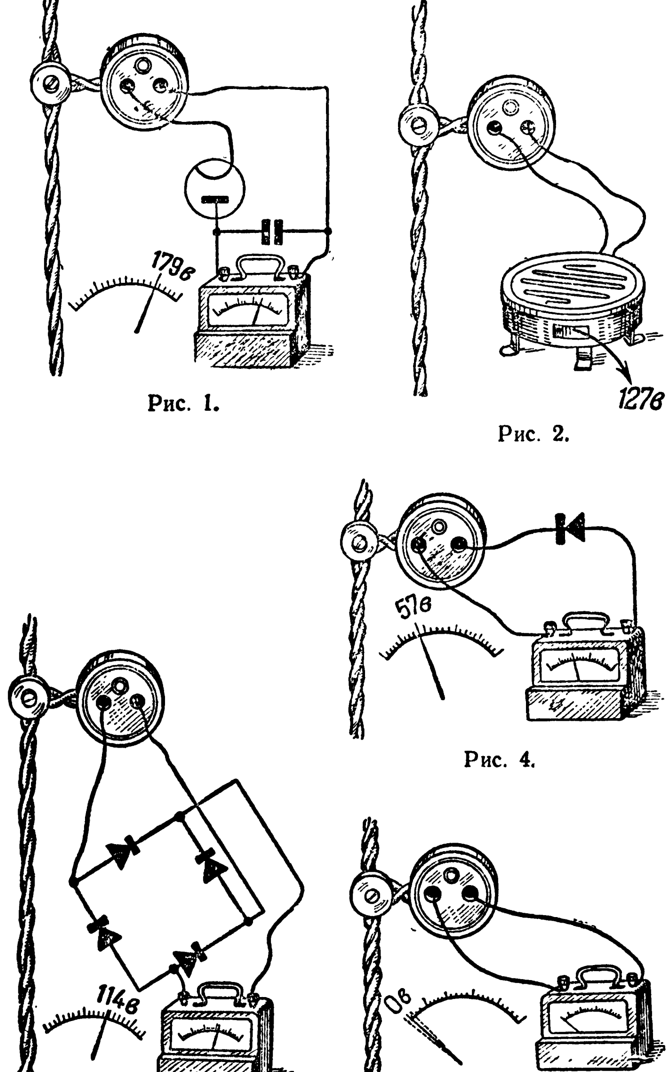


Рис. 1.

Рис. 2.

Рис. 4.

Рис. 3.

Рис. 5.

рис. 3. Тщательно проверив схему, снова включаем ее в сеть. Получаем новую цифру ... 114 *в*!

Это становится занимательным. Что ни измерение, то — новая цифра. Испытаем еще одну схему. Мы только что производили измерение, пользуясь двухполупериодной схемой (рис. 3); соберем теперь однополупериодную схему (рис. 4) выпрямления.

Собрали, проверили, включили... 57 *в*! Стрелка вольтметра не желает двигаться дальше, но наша контрольная плитка продолжает накаливаться нормально; включенная для проверки лампа тоже горит с обычной яркостью.

Что же нам остается делать? Попробовать разве включить наш вольтметр прямо в сеть. Его шкала рассчитана на напряжение до 500 *в*, поэтому ему не страшны ни 127 *в*, ни даже те подозрительные 179 *в*, которые получились у нас при первом измерении.

Но вольтметр, включенный в сеть,... ничего не показывает. Его стрелка продолжает стоять на нуле, вернее она «дрожит» около нуля (рис. 5).

Итак мы произвели пять попыток различными способами определить напряжение сети и получили пять разных результатов: 179 *в*, 127 *в*, 114 *в*, 57 *в* и ... нуль — дрожащий нуль. И мы с полным правом можем задать себе снова тот же вопрос, с которого мы начали, который казался таким простым и который так неожиданно и странно осложнился.

Сколько же в конце концов вольт в сети?!

ПЕРЕМЕННЫЙ ТОК. Мы знаем, что в нашей осветительной сети течет переменный ток. Что же представляет собой этот переменный ток и почему он так называется?

В сети постоянного тока действует все время одно и то же постоянное напряжение. В сети переменного тока, как показывает само название, напряжение непостоянно. Оно непрерывно изменяется. В какой-то момент времени в сети нет никакого напряжения, напряжение равно нулю. В следующий момент напряжение появляется, возрастает, достигает какой-то наибольшей величины, затем, уменьшаясь, падает до нуля, снова возникает, но уже с противоположным знаком, опять доходит до максимума и т. д.

В соответствии с этим изменяется и сила тока в сети. В отдельные моменты в сети нет тока, потом он возникает, достигает максимума, уменьшается, доходит до нуля. После этого ток снова появляется, но вследствие изменения полярности напряжения сети он течет уже в обратном направлении.

Эти изменения величины напряжения и тока не хаотичны. Они происходят по строго определенному закону. Характер изменений тока и напряжения можно изобразить графически кривой, называемой *синусоидой* (рис. 6). Такая именно кривая появляется на экране электронно-лучевой трубки осциллографа при исследовании переменного тока.

Строится эта кривая так.

По вертикальной оси откладывается величина напряжения u или тока i, а по горизонтальной — время t (фиг. 6). Каждая точка кривой будет соответствовать определенному значению напряжения или тока в данный момент времени, например t_1 или t_2. Эти отдельные значения переменного напряжения или тока называются *мгновенными* и обозначаются соответственно u_1, u_2 (или i_1, i_2). Наибольшие

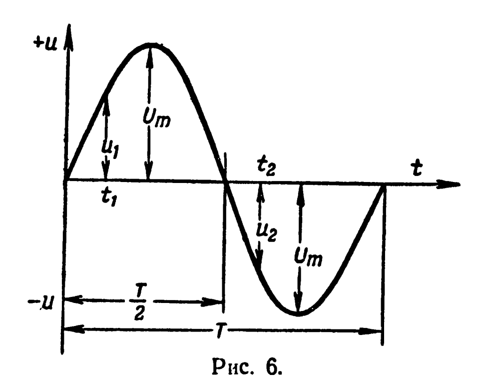


Рис. 6.

(максимальные) значения напряжения и тока, которых они достигают дважды в течение полного периода T своего изменения, называются *амплитудными* или *максимальными* значениями. Они обозначаются U_m и I_m.

Мы видим, что напряжение и ток в сети все время меняют свою величину. Почему же мы все-таки выражаем напряжение сети переменного тока определенной цифрой, говоря, что напряжение сети равно 127 или 220 *в*?

И постоянный ток, и переменный ток производят работу, например, могут накаливать нить осветительной лампы, спираль электроплитки и т. д. Мы можем легко определить работу, которую производит постоянный ток с напряжением, скажем, 127 *в*. Очевидно, будет удобно сравнивать работу переменного тока с работой постоянного тока. Значения постоянного напряжения и тока, которые производят такую же работу, эффект, действие, как и некоторые переменные напряжения и токи, называются *эффективными* или *действующими* значениями данного переменного тока.

Величина действующего значения напряжения U переменного тока, конечно, меньше амплитудного значения, она определяется следующим соотношением:

$$U = \frac{U_m}{\sqrt{2}} = 0{,}71\, U_m.$$

Соответственно с этим эффективное значение переменного тока

$$I = \frac{I_m}{\sqrt{2}} = 0{,}71\, I_m.$$

Из этих соотношений мы можем узнать, чему равны амплитудные значения напряжения или тока, если нам известны их действующие значения. Например, амплитудное значение напряжения

$$U_m = \sqrt{2}U = 1{,}41\, U.$$

Если действующее значение напряжения переменного тока равно 127 *в*, его амплитудное значение будет равно:

$$U_m = 1{,}41 \cdot 127 = 179\ в.$$

Это — та самая величина, которую мы получили, измеряя напряжение на выходе выпрямителя в первом случае. Теперь она нам понятна. Сглаживающий конденсатор выпрямителя в моменты амплитудного значения напряжения сети, естественно, заряжается до этого напряжения, разрядиться же он не может, так как нагрузки у выпрямителя нет, а разряжаться на сеть конденсатор не может — кенотрон выпрямителя обладает односторонней проводимостью. Именно это амплитудное значение показывает высокоомный вольтметр, который, потребляя крайне малый ток, не успевает разрядить конденсатор до наступления следующего максимума напряжения.

Обычно мы имеем представление только о действующей величине напряжения сети потому, что большинство измерительных приборов градуируется и показывает именно это значение. И если бы мы параллельно плитке включили вольтметр переменного тока, то он показал бы 127 *в*.

Но во многих случаях нельзя забывать и об амплитудном его значении. Например, конденсатор, включенный в сеть переменного тока, периодически испытывает напряжения, равные амплитудным значениям. Поэтому мы не можем включить в сеть с напряжением 127 *в* конденсатор, рассчитанный на наибольшее напряжение в 150 *в*. Амплитудные значения напряжения в этой сети будут достигать 179 *в*, и конденсатор, конечно, будет пробит.

Почему же в нашей третьей розетке (рис. 3) оказалось не 179 и не 127 *в*, а только 114 *в*? Что это за третье значение напряжения?

Это значение называется *средним*.

Среднее значение переменного тока есть значение некоторого постоянного тока, равноценного данному переменному току, но не по производимой работе, а по количеству электричества, проходящего через поперечное сечение провода. Для нахождения величины среднего значения тока мы можем построить прямоугольник, равновеликий площади, очерченной синусоидой. Основание его равно полупериоду, а высота представляет собой величину среднего значения тока. Это иллюстрирует рис. 7.

Среднее значение тока или напряжения можно вычислить, исходя из величин амплитудного или действующего значения.

Среднее значение напряжения, которое мы обозначим $U_{ср}$, для одного полупериода синусоидального переменного тока равно:

$$U_{ср} = 0{,}64 U_m, \text{ или } U_{ср} = 0{,}9 U.$$

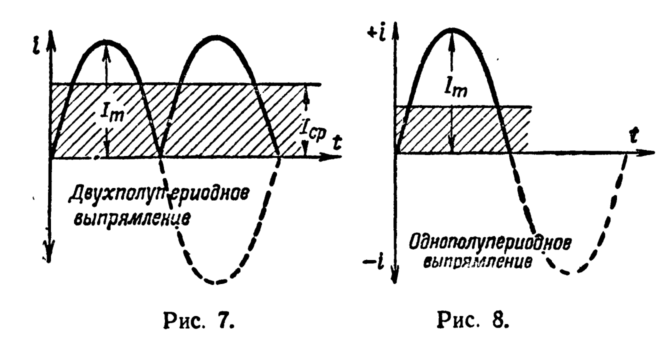


Рис. 7. Рис. 8.

Отсюда следует, что

$$U_m = 1{,}57 U_{ср} \text{ и } U = 1{,}1 U_{ср}.$$

В показанной на рис. 3 схеме выпрямляются оба полупериода переменного тока. Отклонение стрелки магнитоэлектрического прибора пропорционально среднему значению тока или напряжения. По только что приведенным формулам нетрудно подсчитать, что среднее значение напряжения будет равно 114 *в*.

Можно спросить: почему же в нашем первом случае вольтметр показал 179 *в*? Это объясняется только тем, что у выпрямителя, изображенного на рис. 1, на выходе имеется конденсатор, который заряжается до амплитудного значения, а в схеме рис. 3 конденсатора нет.

Схема рис. 4 отличается от схемы рис. 3 тем, что в ней выпрямляется один полупериод (рис. 8), а не два. Поэтому в итоге через прибор проходит вдвое меньший ток, чем при двухполупериодном выпрямлении, и его показание получается вдвое меньшим, равным 57 *в*.

Если, наконец, наш прибор, построенный для измерения постоянного тока, включить в сеть переменного тока (рис. 5), то он ничего не покажет. В этом случае его стрелка должна в такт с изменениями направления переменного тока отклоняться то в одну, то в другую сторону, но она не успевает сделать этого, так как изменения происходят 100 раз в секунду (50 периодов), и фактически стрелка только дрожит, колеблясь около нуля.

Как же нужно ответить на тот вопрос, который стоит в заголовке статьи: сколько вольт в сети?

В сети переменного тока нет определенного напряжения, оно все время изменяется. В отдельные моменты в этой сети вообще нет никакого напряжения. Если прикоснуться к проводам сети, то «ударит» напряжение 179 *в* (амплитуда), если включить паяльник, то он будет нагреваться так, как он нагревается в сети постоянного тока с напряжением 127 *в* (действующее значение) и т. д. Поэтому на наш вопрос нельзя ответить только одной цифрой, без определения.

Чтобы быть точным, мы должны сказать: действующее напряжение сети 127 *в*. Можем сказать иначе: амплитудное значение ее напряжения 179 *в*. Это будет одно и то же, но так как работа тока определяется его действующим значением, то приборы надо рассчитывать на 127 *в* и трансформатор приемника, питающегося от этой сети, тоже должен быть включен на 127 *в*.

Все указанные соотношения различных значений напряжения будут действительны и для сети переменного тока с любым другим напряжением. Например, амплитудное значение напряжения в 220-вольтовой сети будет 310 *в*.

ИНДУКТИВНОСТЬ[1]

Выше уже говорилось о том, что электрический ток, проходя по проводу, создает вокруг него магнитное поле. В то же время магнитное поле, пересекая провода, создает в них (индуктирует) э. д. с.

Магнитное поле может пересекать провода, когда они движутся в поле или когда движется само поле в месте расположения проводов. Последнее явление происходит, в частности, при возникновении магнитного поля (при включении тока) и при его исчезновении (при выключении тока), а также при всевозможных изменениях величины поля, вызванных изменением величины тока. Во всех этих случаях в проводах, находящихся в поле, в том числе и в проводах, по которым проходит вызвавший изменения поля ток, возникает (индуктируется) э. д. с.

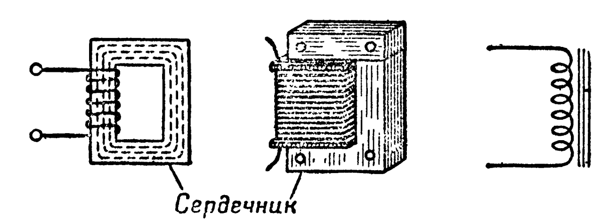
Электродвижущая сила, индуктированная в проводе (катушке) под влиянием изменения ее собственного магнитного потока, называется *электродвижущей силой самоиндукции.*

Согласно закону Ленца *электродвижущая сила самоиндукции всегда противодействует вызвавшей ее причине.* Если ток в проводе возрастает, то э. д. с. самоиндукции стремится задержать, замедлить нарастание тока. Если ток в цепи уменьшается, э. д. с. самоиндукции препятствует быстрому спаданию тока.

При питании цепи постоянным током э. д. с. самоиндукции появляется и оказывает влияние на изменение тока только в моменты замыкания или размыкания цепи. Когда цепь замкнута и в ней уже установился постоянный

---

[1] Ю. В. Костыков, Л. Н. Ермолаев, Первая книга радиолюбителя, Воениздат, 1955.



Катушка индуктивности с замкнутым стальным сердечником.

ток, а следовательно, и создаваемое током магнитное поле постоянно, э. д. с. самоиндукции не возникает.

Прямолинейный проводник имеет довольно слабое магнитное поле, и поэтому возникающая э. д. с. самоиндукции невелика. Она заметно сказывается только в очень длинных проводниках. Значительная э. д. с. возникает в проводниках, смотанных в катушку.

Если же в катушку ввести еще стальной сердечник, а тем более сделать его замкнутым, то магнитное поле катушки усилится во много раз и э. д. с. самоиндукции будет достигать очень большой величины по сравнению с э. д. с. самоиндукции прямого провода.

Различные катушки обладают различной способностью индуктировать э. д. с. самоиндукции, что зависит от числа витков, формы и конструкции катушек. Эту способность катушек называют индуктивностью. Индуктивность катушек характеризуют величиной э. д. с. самоиндукции, возникающей в катушке при изменении величины тока на один ампер в секунду.

Единицей измерения индуктивности является *генри (гн)*.

Катушка обладает индуктивностью в один генри, если в ней при изменении величины тока на один ампер в одну секунду индуктируется э. д. с. самоиндукции в один вольт.

Генри — единица относительно большая. Практически чаще употребляются более мелкие единицы — доли генри: одна тысячная — *миллигенри (мгн)* и одна миллионная — *микрогенри (мкгн)*.

Катушки, у которых для тех или иных целей используется их индуктивность, в отличие от катушек с другим назначением носят название *катушек индуктивности.*

Если в цепи постоянного тока индуктивность катушек и индуктированная э. д. с. самоиндукции сказываются только при включении и выключении тока, то совсем иначе обстоит дело, когда по катушке протекает переменный ток.

Переменный ток создает и переменное магнитное поле. Переменное же поле непрерывно индуктирует в катушке э. д. с. самоиндукции, направленную навстречу напряжению питающего катушку генератора переменного тока и тем большую, чем больше частота переменного тока. Появление э. д. с. самоиндукции приводит к тому, что при одном и том же напряжении источника электрической энергии величина переменного тока, протекающего через катушку, получается меньше величины постоянного тока. Исходя из закона Ома, можно сделать вывод, что сопротивление одной и той же катушки переменному току больше, чем постоянному, так как при одинаковых напряжениях постоянный ток имеет большую величину, чем переменный.

Если бы удалось сделать такую катушку, которая совсем не оказывала бы сопротивления постоянному току, то при включении ее в цепь переменного тока она все равно оказывала бы этому току сопротивление, называемое *индуктивным сопротивлением.*

Индуктивное сопротивление катушки зависит от величины индуктивности катушки и пропорционально частоте переменного тока.

Поэтому там, где необходимо возможно большее сопротивление переменному току, применяют катушки со стальными замкнутыми сердечниками. Способность катушек оказывать переменному току значительно большее сопротивление, чем постоянному, позволяет использовать их в тех случаях, когда требуется отделить переменный ток от постоянного. В радиотехнике катушки, используемые для этой цели, носят название дросселей.

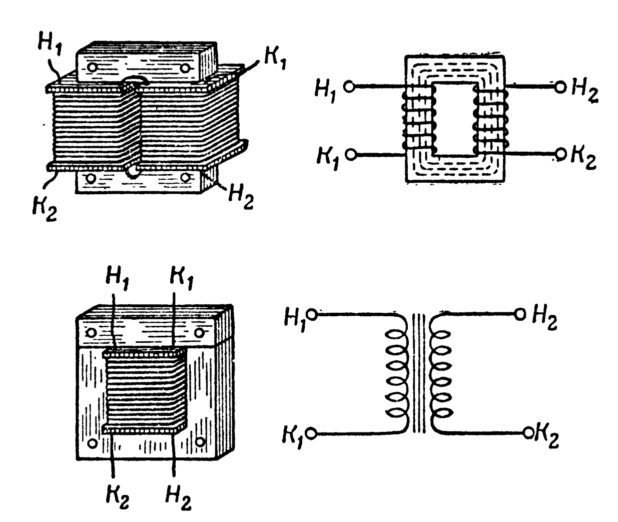
Казалось бы, что идея применения стальных сердечников для увеличения индуктивности катушек исключительно заманчива. Ведь можно получить необходимую индуктивность в сравнительно небольших катушках с малым количеством витков. Но, оказывается, применение стали связано с рядом неудобств. Из них прежде всего следует отметить большие потери энергии в стальном сердечнике. Эти потери резко возрастают с увеличением частоты переменного тока. Поэтому сердечники из обычной мягкой стали можно применять только в цепях с относительно низкой частотой (не выше нескольких десятков тысяч герц).

Одна из причин потерь в сердечнике — появление в нем самом совершенно бесполезных *вихревых токов* (поскольку сердечник тоже находится в переменном магнитном поле, в нем индуктируется э. д. с., вызывающая появление этих токов). Чтобы уменьшить величину вихревых токов, сердечники катушек делают из тонких изолированных один от другого стальных листов. Но на высоких частотах и эта

4 Зак. 1374

мера предосторожности не помогает, поэтому стали делать катушки либо вовсе без сердечников, либо изготовлять их из железного порошка, скрепленного особой изолирующей массой. В таких веществах каждая мельчайшая пылинка железа изолирована от других, и поэтому в них не могут образоваться вихревые токи большой величины, а следовательно, и потери будут незначительны. К таким веществам относятся магнетит, альсифер, карбонильное железо.

Другая причина потерь в стали — необходимость затраты энергии на перемагничивание стали. Полностью устранить потери на перемагничивание невозможно, и поэтому стремятся применять для сердечников катушек такие сорта стали, в которых эти потери были бы наименьшими.



Устройство и схематическое обозначение трансформаторов.

ТРАНСФОРМАТОРЫ[1]

Одним из важнейших преимуществ переменного тока перед постоянным является легкость и простота, с которой можно преобразовывать переменный ток одного напряжения в переменный ток другого напряжения. Достигается это посредством простого и остроумного устройства — трансформатора, изобретенного в 1876 г. замечательным русским ученым Павлом Николаевичем Яблочковым.

Трансформатор представляет собой сердечник из тонких стальных изолированных одна от другой пластин, на котором помещаются две, а иногда и больше обмоток из изолированного провода. Обмотка, к которой присоединяется источник электрической энергии переменного тока, называется первичной обмоткой, остальные обмотки — вторичными.

Если во вторичной обмотке трансформатора намотать в три раза больше витков, чем в первичной, то магнитное поле, созданное в сердечнике первичной обмоткой, пересекая витки вторичной обмотки, создаст в ней в 3 раза большее напряжение.

Применив трансформатор с обратным соотношением витков, можно так же легко и просто получить пониженное напряжение.

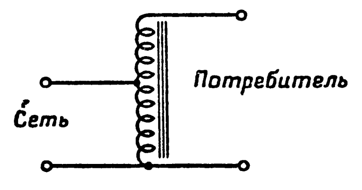
С допустимой для практики точностью можно считать, что отношение числа витков первичной обмотки к числу витков вторичной равно отношению приложенного напряжения к выходному.

Это отношение, называемое *коэффициентом трансформации,* обычно сокращают на меньшее из чисел, и тогда коэффициент трансформации получается в виде отношения единицы к некоторому числу (1 : 4, 1 : 50) или, наоборот, некоторого числа к единице (4 : 1, 50 : 1).

В радиоаппаратуре трансформаторы используются в первую очередь в питающих устройствах, позволяющих питать приемники от осветительной сети переменного тока. Такие трансформаторы называются *силовыми.* Кроме того, трансформаторы используются для понижения и повышения напряжения различной частоты в усилителях и радиоприемниках. Для низких (звуковых) частот эти трансформаторы изготовляются с сердечниками из листовой стали.

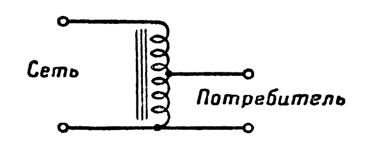
Для токов сравнительно высокой частоты трансформаторы, как и катушки индуктивности, делают или совсем без стальных сердечников или с сердечниками из магнетита, альсифера, карбонильного железа и других специальных материалов.

Иногда для экономии провода и стали применяют трансформаторы, в которых одна обмотка является частью другой. Такие трансформаторы, называемые автотрансформаторами, могут повышать напряжение, для чего обмотка, включаемая в сеть, должна составлять часть обмотки, дающей выходное напря-



Повышающий автотрансформатор.

[1] По разным источникам.



Понижающий автотрансформатор.

жение, и понижать его, для чего обмотка, с которой снимается напряжение, должна составлять часть сетевой обмотки.

Применение автотрансформаторов в радиоприемниках связано с некоторыми неудобствами (нельзя непосредственно заземлять шасси), поэтому в любительских и дорогих промышленных радиоприемниках автотрансформаторы широкого распространения не получили. В основном они нашли применение в дешевых массовых промышленных приемниках, а также в качестве устройств для поддержания необходимого напряжения при питании радиоприемников от осветительной сети, напряжение которой подвержено колебаниям.

ЛИТЕРАТУРА

И. П. Жеребцов, Элементарная электротехника Связьиздат, 1953.

Изложены основные сведения из электротехники постоянного и переменного тока, необходимые начинающему радиолюбителю.

М. В. Кузнецов, Электротехника, Трудрезервиздат, 1957.

Учебное пособие для ремесленных училищ связи. Содержит большое количество контрольных вопросов и свыше ста задач.

Г. И. Бабат, Электричество работает, Госэнергоиздат, 1950.

В книге излагаются важнейшие вопросы современной электротехники, основы построения электротехнических схем, свойства электротехнических материалов, основы измерительной техники, работа электрических станций, основы связи по проводам и без проводов.

А. И. Китайгородский и В. А. Мезенцев, Атом и молекула, Госкультпросветиздат, 1952.

Ю. В. Костыков, Л. Н. Ермолаев, Первая книга радиолюбителя, Воениздат, 1955.

Рассмотрены основы учения об электричестве и радио, разобраны схемы простейших радиоприемников, даны практические советы начинающему радиолюбителю.

В. Г. Борисов, Юный радиолюбитель (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1955.

Беседа пятнадцатая книги «Экскурсия в электротехнику» содержит почти все сведения, необходимые по программе радиокружка ДОСААФ

Г. А. Зисман, Работающие электроны, Воениздат, 1956.

Первая часть книги посвящена описанию свойств электрона. В ней говорится о строении вещества и электричестве, электронах в веществе, переменных токах, зарядах и поле.

Л. В. Кубаркин, Е. А. Левитин, Занимательная радиотехника (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1956.



ГЛАВА ТРЕТЬЯ

РАДИОПЕРЕДАЧА и РАДИОПРИЕМ

РАДИОВОЛНЫ И КОЛЕБАНИЯ[1]

Что такое радиоволны? Бросьте на гладкую водяную поверхность камень, и на ней появятся волны, кругами расходящиеся во все стороны. Это — водяные волны, они создаются в воде и в ней же распространяются.

Звуковые волны в открытом пространстве создаются в воздухе, и в нем же распространяются: удалите воздух, и звуки исчезнут.

Из чего же созданы и в чем распространяются радиоволны?

В некоторых книгах дается такое пояснение по интересующему нас вопросу:

Радиоволны — это «распространяющиеся в пространстве переменные электромагнитные поля».

Попробуем воспользоваться этой формулировкой в качестве исходной в наших объяснениях природы радиоволн.

Позвольте напомнить вам из школьных уроков по физике, что вокруг всякого проводника с электрическим током существует магнитное поле, а вокруг тела с электрическим зарядом — электрическое поле. Даже, если вы забыли это, то, вероятно, замечали, что гребенка или расческа, которой вы только что привели в порядок ваши волосы, стремится притянуть к себе легкие предметы, вроде кусочков папиросной бумаги, шерстинок и пр. Эта же самая гребенка до использования ее по прямому назначению не обладала свойствами притягивать посторонние предметы.

Объяснение простое: от трения о волосы гребенка приобрела электрический заряд, отчего вокруг гребенки возникло электрическое поле. Оно-то и действует на легкие предметы, притягивая их.

Полем вообще называют материальную среду, в которой обнаруживается действие каких-либо сил. Например, в поле земного тяготения обнаруживается притяжение к земле.

Материальная среда, в пределах которой сказывается действие электрических сил, называется электрическим полем. Сильнее заряд — и поле сильнее. Нет заряда — нет поля.

У нас в руке медный провод, по которому течет ток, а на столе обычный компас. Стрелка компаса ориентирует вас в пространстве, указывая север.

Поднесите к компасу этот провод, расположите его вдоль стрелки и стрелка отклонится в сторону (рис. 1). Увеличьте ток — стрелка отклонится еще больше. Уменьшите ток,— отклонение стрелки уменьшится. Выключите ток,— стрелка опять укажет север. Значит, не самый провод влияет на стрелку компаса, а ток, протекающий по нему.

Объяснение простое: ток создает вокруг провода магнитное поле и это поле действует на стрелку компаса.

Материальная среда вокруг магнита или проводника с током, где обнаруживается действие магнитных сил, называется магнитным полем. Сильнее ток — сильнее магнитное поле. Нет тока — нет поля.

Если электрический ток периодически, через равные промежутки времени, меняет не только свою величину, но и направление, то такой ток называется переменным. Переменный ток создает и переменное магнитное поле.

То же самое можно сказать и о переменном электрическом поле. Если вызвавший его заряд периодически меняет не только свою величину, но и полярность, то такое поле называется переменным электрическим полем.

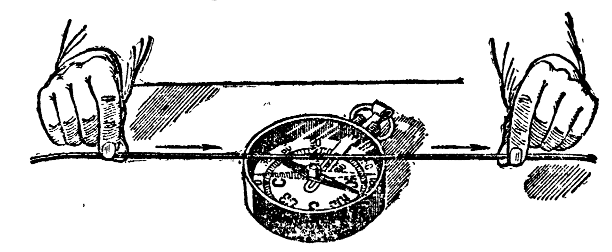


Рис. 1. Ток, идущий по проводу, отклоняет стрелку компаса.

[1] С. А. Бажанов, Что такое радиолокация, Воениздат, 1948.

Переменное электрическое и переменное магнитное поля неотделимы друг от друга. Если возникло переменное электрическое поле, то оно всегда создает вокруг себя переменное магнитное поле, и, наоборот, переменное магнитное поле обязательно создаст переменное электрическое поле.

Электромагнитные волны, т. е. взаимосвязанные переменные электрическое и магнитное поля, распространяются в воздухе или в безвоздушном пространстве, а также и во многих других веществах со скоростью света, равной 300 000 *км/сек.*

ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ИСКРА. Достаточно где-либо проскочить электрической искре, как сейчас же вокруг нее возникнут радиоволны. Вы случайно замкнули провода — короткая вспышка, и в пространство выброшен поток радиоволн. Искрят щетки электродвигателя, работает электросварочный агрегат, искрит дуга трамвая или ролик троллейбуса, работает автомобильный мотор с системой электрического зажигания — безразлично: все это наводняет пространство радиоволнами.

Именно из-за этих волн от искровых разрядов, будь то разряды атмосферного электричества или же искрение электроустановок, происходят все те трески, которые вы, вероятно, не один раз проклинали, слушая интересную радиопередачу.

Только удалившись с радиоприемником куда-либо далеко за город, где нет помех радиоприему от трамваев, электрических лифтов, электромедицинских кабинетов и подобных устройств, можно вести прием в относительной «электрической тишине».

Вот почему приемные радиоцентры выносятся из городов в уединенные места.

Но и здесь не всегда можно укрыться от помех. Гигантский искровой разряд, каким является молния, создает настолько сильный ураган радиоволн, что в грозу из громкоговорителя вырывается оглушительная «артиллерийская канонада».

Радиоволны от молнии сигнализируют о приближении грозы. Первым человеком, сумевшим принимать радиосигналы молнии, был русский ученый, изобретатель радио Александр Степанович Попов. Один из своих приборов, названный им «грозоотметчиком», он использовал для того, чтобы следить за далекими грозами и предсказывать их приближение.

Люди взяли у природы ее рецепт «изготовления» радиоволн.

Все первые радиопередатчики создавали мощные потоки сильно трещащих искр. Радиоволны, порождаемые искрами, переносили в пространство различные сообщения без всяких соединительных проводов. Эти первые радиостанции так и назывались — «станции искрового телеграфа». Известно, что радиотелеграфисты мощной московской искровой радиостанции (на Ходынке), идя на дежурство, еще километра за полтора-два до здания, на слух, по треску искр — этих маленьких молний, могли читать передаваемые знаками телеграфной азбуки сообщения.

Название «радиостанция» появилось значительно позже.

Современная радиотехника почти полностью отказалась от весьма несовершенных искровых станций. Но пучок искр до сих пор остается в эмблеме на погонах связистов.

КАК СОЗДАЮТСЯ РАДИОВОЛНЫ. Нам предстоит ознакомиться с тем, как создаются радиоволны современными радиопередающими станциями.

Краткое определение сущности создания радиоволн таково:

Проводник с переменным током высокой частоты при некоторых условиях способен излучать в окружающее пространство радиоволны.

Это определение станет понятным, когда будет раскрыт внутренний смысл каждого слова. «Проводник» — но какой, всякий ли? Дальше мы увидим, что нет, далеко не всякий. «Переменный ток высокой частоты» — как это понимать? Что значит «при некоторых условиях?» При каких именно? «Излучать» — как?

Начнем с выяснения, что такое переменный ток.

Знакомясь с электромагнитным полем, мы получили краткую справку о том, что переменным называется ток, периодически меняющий не только свою величину, но и направление. Следует еще раз подчеркнуть, что слово «переменный» относится именно к направлению. Как бы ни менял свою величину электрический ток, его нельзя назвать переменным, если он не меняет направления.

Переменный ток течет попеременно то в одну сторону, то в обратную, как бы повторяя колебательные движения качелей или часового маятника. Недаром существует технический термин «электрические колебания».

ЧЕМУ УЧИТ МАЯТНИК. К концу маятника часов я прикрепляю легкое перышко или волосок, смоченный жидкой краской, затем толкаю маятник и подношу к перышку листок бумаги. Перышко начнет вычерчивать на листке прямую линию — след колебаний маятника; чем больше размахи маятника, тем больше ее длина.

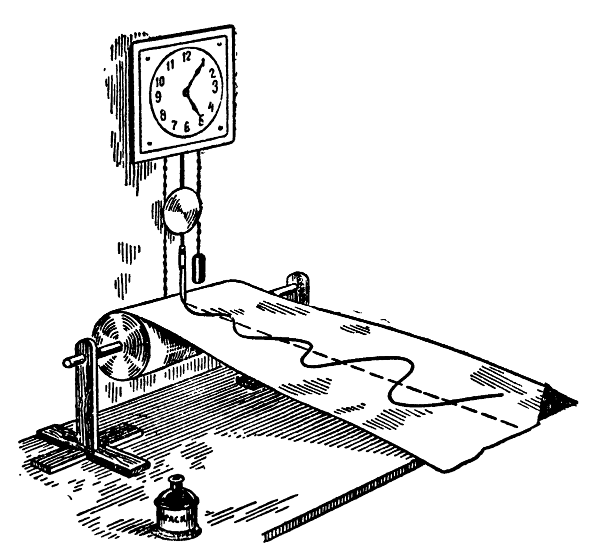


Рис. 2. Затухающие колебания маятника.

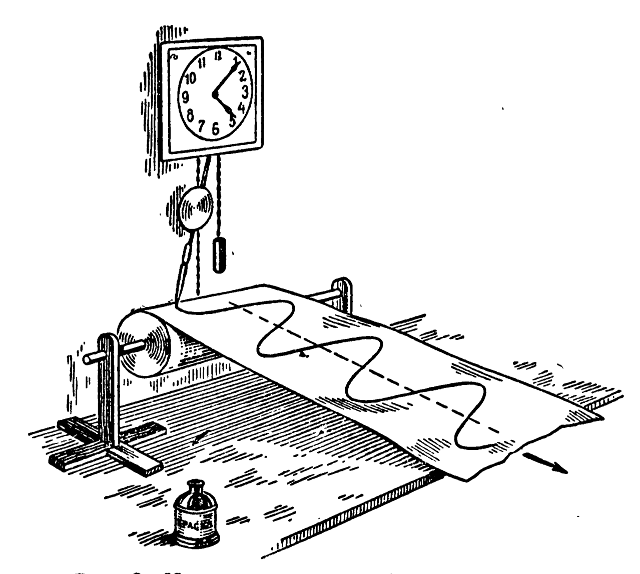


Рис. 3. Незатухающие колебания маятника.

Теперь я начну равномерно передвигать листок бумаги в направлении, перпендикулярном к плоскости колебаний маятника. Прочерчиваемая линия растянется, развернется в волнообразный график (рис. 2). Колебания маятника зарегистрированы — получился график колебаний, или, как его называют, осциллограмма.

Осциллограмма свидетельствует о том, что размахи маятника быстро уменьшались, и вскоре маятник остановился. Трение в точке подвеса маятника и в точке касания перышка с бумагой, а также сопротивление воздуха сделали свое дело. Колебания быстро затухли. Перед нами график затухающих колебаний.

Иную картину представляет график, показанный на рис. 3. Сила тяжести гирь преодолевала действие на маятник всех тормозящих усилий. Поэтому маятник отщелкивал удар за ударом, не уменьшая размахов. Можно было бы целый день вытягивать из-под такого маятника бумажную ленту, и все время вычерчивалась бы на ней волнообразная кривая незатухающих колебаний.

У всякой профессии свой язык. Электрик или радист не скажет «размах» там, где речь идет о колебаниях: не размах, а амплитуда. Уважая профессиональные привычки, мы должны сказать так: у затухающих колебаний амплитуды убывают, у незатухающих — остаются неизменными.

КОЛЕБАТЕЛЬНЫЙ КОНТУР. Не только маятник или качели, но и электрический ток можно заставить совершать затухающие или незатухающие колебания.

Для этого служит очень простое электрическое устройство — колебательный контур. Это своего рода «электрический маятник». Но в отличие от колебаний обычного маятника электрические колебания в контуре совершаются невероятно быстро. На каждое колебание затрачивается ничтожно малая доля секунды, поэтому число колебаний в секунду очень велико.

Колебательный контур состоит всего из двух основных частей: катушки индуктивности и конденсатора. Катушка представляет собой некоторое число витков медной проволоки, а конденсатор (самый простой) — две металлические пластинки, разделенные слоем диэлектрика.

Чем больше площадь пластин и чем ближе они расположены одна к другой, тем при прочих равных условиях большей электрической емкостью обладает конденсатор (рис. 4). На величину емкости влияет и вещество диэлектрика. Конденсатор с бумагой в качестве диэлектрика «впитает» в себя в два раза больше электричества, чем такой же конденсатор, но с воздухом вместо бумаги. Слюдяной конденсатор «сгустил» бы в себе («конденсатор» по-русски означает «сгуститель») в шесть раз больший заряд, чем такой же воздушный конденсатор.

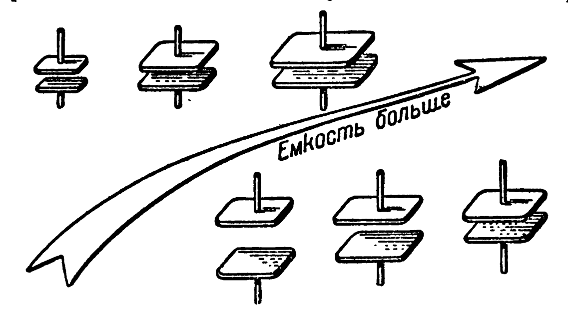


Рис. 4. Чем больше площадь пластин конденсатора и чем ближе они одна к другой, тем больше емкость.

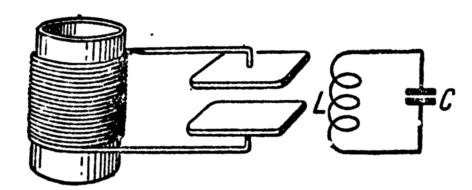


Рис. 5. Колебательный контур состоит из конденсатора C, катушки L и соединительных проводов.

Если присоединить концы катушки к пластинам конденсатора, получится колебательный контур (рис. 5). Но такой «мертвый» контур ничем не интересен. Чтобы в контуре возникли электрические колебания, его нужно «оживить».

Маятник мы отводим вбок или даем ему толчок, и он начинает мерно раскачиваться из стороны в сторону. Колебательный контур тоже можно «подтолкнуть». К нему необходимо подвести некоторое количество электрической энергии, чтобы электроны пришли в колебательное движение. Для этого конденсатор следует зарядить от какого-либо источника тока (рис. 6,*а*), а затем подключить к нему катушку индуктивности. Электрическое напряжение U на пластинах конденсатора и сообщит электронам тот электрический «толчок», который необходим для возбуждения колебаний в контуре. Конденсатор станет разряжаться через катушку, и в цепи потечет ток (рис. 6,*б*).

С появлением тока скажется тормозящее влияние катушки — ее индуктивность, которая зависит от числа витков, размеров и формы катушки. Индуктивность — это электрическая инерция. Она противодействует всякому изменению тока, подобно тому как инерция тела препятствует изменению его скорости. Вследствие противодействия катушки электрической инерции ток будет нарастать постепенно и достигнет наибольшей величины $I_{макс}$ как раз в тот момент, когда конденсатор полностью израсходует свой электрический заряд, т. е. разрядится.

Теперь, казалось бы, ток должен исчезнуть. На самом же деле благодаря электрической инерции он не прекратится и будет протекать в ту же сторону за счет энергии, которая сосредоточилась в катушке. Но ток станет постепенно убывать. Разряженный конденсатор будет теперь заряжаться в обратном направлении: пластина, имевшая положительный заряд, будет заряжаться отрицательно, а пластина, имевшая отрицательный заряд,— положительно.

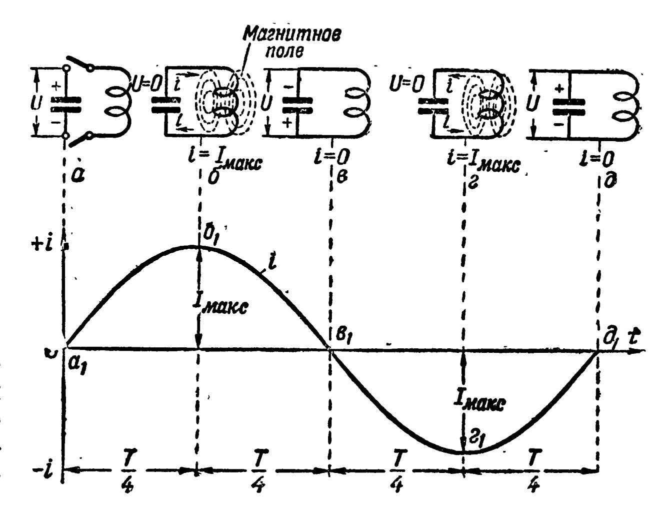


Рис. 6. Получение переменного тока в контуре.

Когда энергия полностью сосредоточится в конденсаторе, ток в контуре прекратится (рис. 6,*в*), но процесс на этом не остановится. Зарядившийся конденсатор опять начнет разряжаться: в контуре потечет ток, но уже в обратном направлении (рис. 6,*г*). Он возрастает до максимальной величины, а затем снова упадет до нуля. В этот момент завершится полный цикл изменения тока в контуре, т. е. закончится одно электрическое колебание (рис. 6,*д*). После этого все изменения тока станут повторяться, подобно тому как повторяются перемещения маятника. В контуре возникнут электрические колебания.

Колебания в контуре, происходящие без какого-либо влияния со стороны, чрезвычайно кратковременны. Это объясняется тем, что электрический ток нагревает провода катушки. Энергия электрических колебаний превращается в тепло, которое рассеивается. Потери эти неизбежны, поэтому колебания в контуре быстро затухают. Амплитуда их становится все меньше и меньше, и, наконец, колебания практически прекращаются. Они длятся очень малую долю секунды.

Затухающими колебаниями пользовались в первые годы развития радиотехники. Но теперь они не применяются. Уже много лет назад разработаны способы получения незатухающих колебаний, на применении которых и основывается современная радиотехника. Незатухающие колебания — это колебания с неослабевающей силой. Амплитуда их не меняется.

Для того чтобы получить незатухающие колебания, нужно особое устройство, которое «подбрасывает» колебательному контуру все новые и новые порции энергии. В часах роль этого устройства выполняет гиря или пружина.

Как это делается в колебательном контуре, мы узнаем дальше (см. стр. 60).

ПЕРИОД И ЧАСТОТА. В здании Исаакиевского собора в Ленинграде под куполом подвешен длинный маятник, служащий для доказательства вращения земли вокруг своей оси. Длина маятника 98 *м*. На одно полное колебание, т. е. на движение маятника от отвеса в одну сторону, переход в противоположную сторону и возвращение к отвесу, затрачивается 20 *сек*. Маятник же часов-ходиков в течение секунды успеет сделать два колебания. Словом, чем длиннее маятник, тем медленнее совершает он колебания, тем больше период его колебаний.

Периодом называется время одного полного колебания.

От десятков секунд до десятых долей секунды — таковы пределы (диапазон) изменений периодов колебаний маятников.

Колебания в электрическом контуре могут совершаться тоже с разными периодами, но диапазон их гораздо более широкий. Никакой маятник не сможет в одну секунду совершить несколько тысяч колебаний, тогда как для электрического тока такие колебания считаются медленными.

Период электрических колебаний определяется тем, насколько быстро конденсатор может заряжаться и разряжаться, а катушка — управляться со своим магнитным полем.

Число колебаний в секунду называется частотой колебаний. Единица измерения частоты называется «герц». Один герц (сокращенно 1 *гц*) — это одно полное колебание в секунду, т. е. один период в секунду.

Частота электрических колебаний в контуре определяется величинами индуктивности катушки и емкости конденсатора. Чем больше индуктивность, тем сильнее скажется ее тормозящее действие на изменении электрического тока в контуре и тем медленнее будут совершаться колебания. Также влияет на частоту колебаний и емкость. С увеличением емкости конденсатора возрастает время, необходимое для его заряда и разряда. Значит, период колебаний будет продолжительнее, а число колебаний в секунду меньше.

Следовательно, изменяя индуктивность и емкость контура, можно менять частоту происходящих в нем электрических колебаний, подобно тому как скрипач, перемещая пальцы по грифу скрипки и удлиняя или укорачивая струны, изменяет тон, т. е. меняет частоту звуковых колебаний.

В радиотехнике приходится иметь дело с электрическими колебаниями, частота которых достигает многих тысяч и миллионов герц. Оперировать всякий раз с такими большими числами так же неудобно, как неудобно выражать путь от Москвы до Ленинграда в миллиметрах или вес поклажи грузового автомобиля в граммах. Общепринято пользоваться более крупными кратными единицами: килогерц (*кгц*) — тысяча герц и мегагерц (*Мгц* — миллион герц).

Излучение радиоволн становится практически возможным лишь в том случае, если частота колебаний не ниже нескольких десятков тысяч герц. Вот почему для излучения радиоволн нужен не просто переменный ток, а переменный ток высокой частоты.

При помощи колебательного контура можно получить электрические колебания практически любой частоты — от долей герца до многих сотен и тысяч мегагерц. Для этого надо только подобрать соответствующие емкости и индуктивности колебательного контура.

ОТКРЫТЫЙ КОЛЕБАТЕЛЬНЫЙ КОНТУР. Не следует думать, что достаточно создать в колебательном контуре высокочастотные колебания для того, чтобы он стал излучать в окружающее пространство радиоволны. Вот тут-то и приходится вспомнить «некоторые условия», о которых мы в свое время лишь упомянули.

Эффект излучения радиоволн тем ощутительнее, чем большее пространство охватывается электрическим и магнитным полями контура. Конденсатор же по размерам очень невелик, и поле его хотя и сильное, но очень собранное, сжатое. Оно занимает небольшой объем пространства. То же следует сказать и о магнитном поле: оно собрано, сжато вокруг витков катушки.

Такой колебательный контур, у которого емкость и индуктивность сосредоточены, вследствие чего поля ограничены небольшим объемом, называется замкнутым колебательным контуром. Применяя его в качестве излучателя радиоволн, можно ожидать не больше успеха, чем от попытки нагреть большую комнату раскаленным добела гвоздем.

Итак, чтобы усилить эффект излучения радиоволн, надо увеличить размеры электромагнитного поля.

Сразу же напрашивается решение раздвигать пластины конденсатора, и тогда в электрическое поле будут включаться все новые и новые части пространства. Но при раздвижении пластин уменьшается емкость конденсатора. Контур начнет создавать колебания иной частоты. Есть выход: одновременно с раздвижением пластин увеличивать их размеры, и тогда емкость конденсатора останется неизменной.

На рис. 7 показано, как постепенное раздвижение пластин приводит к созданию открытого колебательного контура. Емкость у него образована двумя большими пластинами, удаленными одна от другой на значительное расстояние. Опыт показал, что вместо сплошной пластины лучше применять две длинные проволоки, так как они создают конденсатор вполне достаточной емкости.

Для большего охвата пространства электрическим полем одну проволоку на мачтах поднимают высоко вверх, а другую располагают у самой земли. Если по такому открытому колебательному контуру начнет протекать ток высокой частоты, излучение радиоволн обеспечено.

Когда А. С. Попов начал применять радиоволны для целей связи без проводов, то он нашел необходимым увеличить размеры открытого колебательного контура. Одну проволоку он поднял на высокой мачте вверх, а другую зарыл в землю. Земля — достаточно хороший проводник и по своему действию вполне заменяет одну из пластин конденсатора. Емкость открытого колебательного контура была образована поднятой вверх проволокой и землей, разделенными слоем воздуха. Провод, поднятый кверху, получил название «антенна». В переводе на русский язык с греческого это слово означает усики насекомого. Это название дано было по внешнему сходству.

Честь изобретения первой в мире антенны принадлежит А. С. Попову.

Мы уже знаем, что не могут раздельно существовать переменные магнитное и электрическое поля. Поэтому при циркулировании в открытом колебательном контуре токов высокой частоты в окружающем пространстве будет возникать электромагнитное поле.

Сила, или, лучше сказать, напряженность, этого поля будет тем больше, чем сильнее вызвавший его ток, чем больше амплитуда колебаний тока в контуре. Колебательный ток с небольшой амплитудой создаст вокруг антенны электромагнитное поле небольшой напряженности. Наоборот, ток с большой амплитудой создаст сильное электромагнитное поле. Чем больше напряженность поля, тем на более далекое расстояние оно способно действовать.

ИЗЛУЧЕНИЕ РАДИОВОЛН. Мы вплотную подошли едва ли не к самому сложному явлению, с которым имеет дело радиотехника,— к возникновению излучения радиоволн. Нам нужно «заставить» перемещаться переменное электромагнитное поле антенны. Опираясь на формулировку, приведенную в начале статьи, мы можем поставить знак равенства между перемещающимися электромагнитными

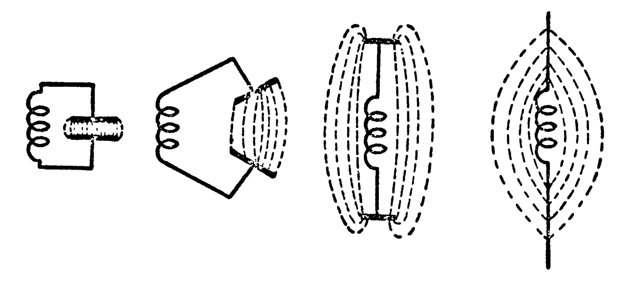


Рис. 7. Раздвигая пластины конденсатора, получим открытый колебательный контур.

полями и радиоволнами. Остается пояснить, в силу каких причин электромагнитное поле «покидает» антенну и «отправляется» в самостоятельное путешествие.

Электромагнитное поле антенны «дышит» с частотой вызвавшего его тока. Следуя за всеми изменениями тока в антенне, поле как бы втягивается в антенну, когда ток в ней уменьшается до нуля, и как бы распухает, когда ток достигает максимального значения.

Ток в антенне не ждет. Счет идет на микросекунды. Электромагнитное поле должно поспевать вслед за током «втягиваться» и «распухать». Тем участкам электромагнитного поля, которые находятся у самой поверхности провода антенны, не потребуется много времени на то, чтобы быстро «всосаться» обратно в антенну при «втягивании», т. е. в моменты прекращения в ней тока. Но участкам, находящимся на периферии огромного электромагнитного поля, придется поспешить. Может получиться,— в действительности так и получается,— что периферийные участки поля еще не успеют «втянуться» в антенну, как навстречу им начнет двигаться, «распухая», новое поле. Оно не пропустит к антенне остатки уже «втянутого» поля (рис. 8).

«Запоздавшее» поле будет отброшено антенной. С каждым «вздохом» электромагнитного поля антенна будет толчками отбрасывать в пространство «опоздавшую» его часть. Оттесняя друг друга в стороны, отброшенные части электромагнитного поля будут вынуждены отходить все дальше от антенны, перемещаясь в пространстве.

Так происходит излучение радиоволн.

Будь электромагнитное поле более «аккуратным», успевай оно своевременно «втянуться» в антенну,— никакого излучения не получилось бы. У замкнутого колебательного контура поле очень небольшое. Почти все оно успевает аккуратно следовать за всеми изменениями тока. Не происходит почти никаких запозданий! Но зато практически не получается излучения радиоволн.

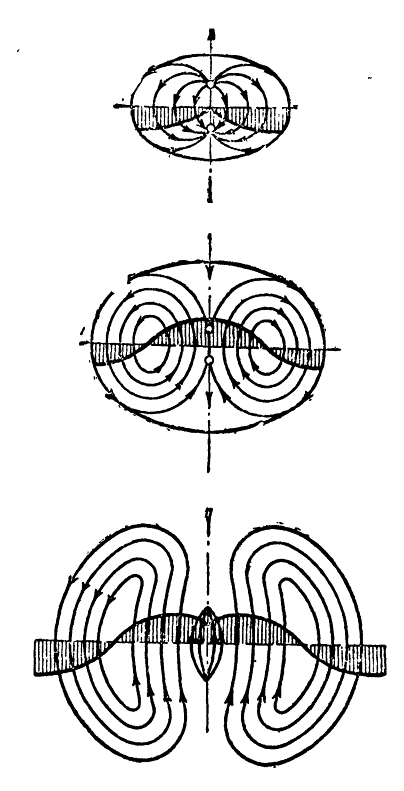


Рис. 8. Антенна излучает радиоволны толчками, отгоняя их от себя.

ДЛИНА ВОЛНЫ. Скорость, с какой волны увеличивают расстояние между собой и антенной, нам уже известна: 300 000 *км* в секунду. Такую огромную скорость как нельзя лучше характеризует слово «излучение». Не случайно все отрасли техники, использующие «перемещающиеся электромагнитные поля», получили приставку «радио»: радиосвязь, радиопеленгация, радионавигация, радиолокация и пр. Слово «радио» происходит от латинского слова «радиус», означающего «луч».

С каждым новым колебанием электрического тока в антенне в пространство излучается очередная волна. Сколько колебаний тока, столько волн. Но сколько бы волн ни излучалось, скорость их распространения строго постоянна. Через секунду после начала излучения «голова» первой волны окажется на расстоянии 300 000 *км* от антенны. Все остальные волны займут промежуточное положение между «головной» волной и антенной радиостанции. На долю каждой волны придется тем меньшее расстояние, чем больше волн излучает за секунду антенна, т. е. чем выше частота колебаний тока в антенне. Если частота тока равна 1 *Мгц*, то это значит, что за секунду антенна излучает 1 000 000 волн. Все они занимают в пространстве, считая по прямой

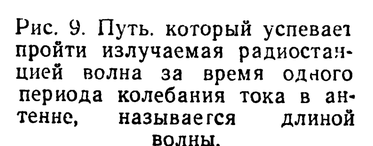
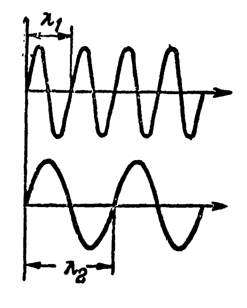


Рис. 9. Путь, который успевает пройти излучаемая радиостанцией волна за время одного периода колебания тока в антенне, называется длиной волны.



линии в сторону от излучающей антенны, 300 000 *км*. На долю каждой волны придется

300 000 : 1 000 000 = 0,3 *км* = 300 *м*.

Это расстояние есть путь, который успеет пройти волна, излучаемая радиостанцией за время одного колебания тока в антенне, т. е. за один период колебания (рис. 9). Оно называется длиной волны, которая обозначается греческой буквой λ (лямбда).

При понижении частоты колебаний каждая волна займет больше места в пространстве. Если, к примеру, частота колебаний тока в антенне равна 100 *кгц* и, следовательно, антенна излучает в секунду 100 000 волн, то каждая волна «растянется» в пространстве на

300 000 : 100 000 = 3 *км* = 3 000 *м*.

Наоборот, при повышении частоты колебаний тока в антенне волны должны будут «сжаться». При частоте 100 *Мгц* длина волны составит лишь

300 000 : 100 000 000 = 0,003 *км* = **3** *м*.

Таким образом, чем меньше частота, тем больше длина волны (λ_2 на фиг. 9). И, наоборот, чем больше частота, тем короче волна (γ_1 на фиг. 9).

Длина волны λ *и частота* f *обратно пропорциональны друг другу.* Поэтому длину электромагнитной волны λ всегда можно вычислить, если разделить скорость распространения этой волны, равную 300 000 *км* в секунду, на частоту f. Для того чтобы длина волны получилась в метрах, как ее обычно принято выражать, скорость распространения также следует брать в метрах (300 000 000 *м*). Следовательно, можно написать:

$$\lambda_{(м)} = \frac{300\,000\,000}{f_{(гц)}},$$

или

$$f_{(гц)} = \frac{300\,000\,000}{\lambda_{(м)}}.$$

Если же частоту выражать в килогерцах, то в этих формулах для получения длины

волны в метрах скорость распространения надо брать в километрах (300 000 *км*), т. е.

$$\lambda_{(м)} = \frac{300\,000}{f_{(кгц)}}$$

и

$$f_{(кгц)} = \frac{300\,000}{\lambda_{(м)}}.$$

ОТ МИКРОФОНА ДО АНТЕННЫ[1]

Шесть часов утра по московскому времени. В пространство несутся мерные удары кремлевских курантов и затем раздаются торжественные звуки гимна. Едва отзвучали его последние ноты, как раздается спокойный, четкий голос диктора:

«Говорит Москва...».

Так начинается день центрального радиовещания.

Знаете ли вы, как происходят эти передачи?

Каким образом каждый звук, возникший в радиостудии, на театральной сцене или в другом месте, откуда ведут радиопередачу, мгновенно доносится к вам за сотни и тысячи километров?

Для того чтобы мы могли услышать радиопрограмму, нужно ее, во-первых, передать, а затем принять.

Задача передающей радиостанции состоит в том, чтобы превратить речь, пение, музыку в электрический ток, а затем преобразовать последний в электромагнитные волны и излучить их в окружающее пространство.

Как же практически решается эта задача? Чтобы выяснить это, вспомним, что такое звук. Звук — это колебания какой-либо среды: воздуха, дерева, металла, воды и т. п. Звуковые колебания в неограниченном пространстве распространяются от источника звука по радиусам во всех направлениях. Средняя скорость распространения звука в воздухе — 330 *м/сек.*

На рис. 1 условно показаны (на самом деле невидимые глазу) периодические «сгущения» и «разрежения» в звукопроводящей среде, которые и представляют собой звуковые колебания или звуковую волну.

Наше ухо способно воспринимать как звук только колебания определенных частот (от 16 до 20 000 колебаний в секунду). Кроме того, амплитуда этих колебаний должна быть достаточно большой, т. е. звук должен обладать

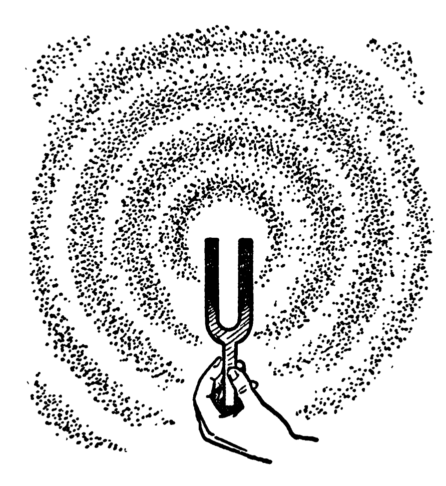


Рис. 1. Звуковые волны вокруг камертона.

определенной силой, иначе мы не сможем его услышать.

МИКРОФОН. И электромагнитные волны и звук — это колебания, но разной природы. Нет ли способа превратить звуковые колебания в электромагнитные? Есть. Для этого сначала нужно звук превратить в колебания электрического тока.

Прибор, преобразующий звуковые колебания в электрические, называется микрофоном. Опишем принцип действия простейшего микрофона.

На рис. 2 показана металлическая камера, в которую насыпан угольный порошок. С одной стороны эту камеру закрывает гибкая пластинка, укрепленная на изоляторах; со всех остальных сторон камера закрыта наглухо. Камера и пластинка присоединены к источнику постоянного напряжения, создающего в цепи постоянный ток. Но представьте себе, что мы начали говорить приблизившись к пластинке. Если пластинка достаточно тонка, то под действием звуковых волн, т. е. сгущений и разрежений воздуха, она начнет колебаться. При колебаниях пластинки будет изменяться сила ее давления на угольный порошок, отчего будет меняться сопротивление, оказываемое этим порошком электрическому току. Величина тока начнет меняться. В результате в цепи будет течь пульсирующий ток. Применив довольно простые электротехнические устройства, легко разделить пульсирующий ток на переменный и постоянный.

Мы сумели превратить звуковые колебания в переменный электрический ток. Но дело в том, что электрические колебания, созданные микрофоном, очень слабы; их следует усилить с помощью радиоламп, применяемых в специальных аппаратах — усилителях низкой ча-

[1] По разным источникам.

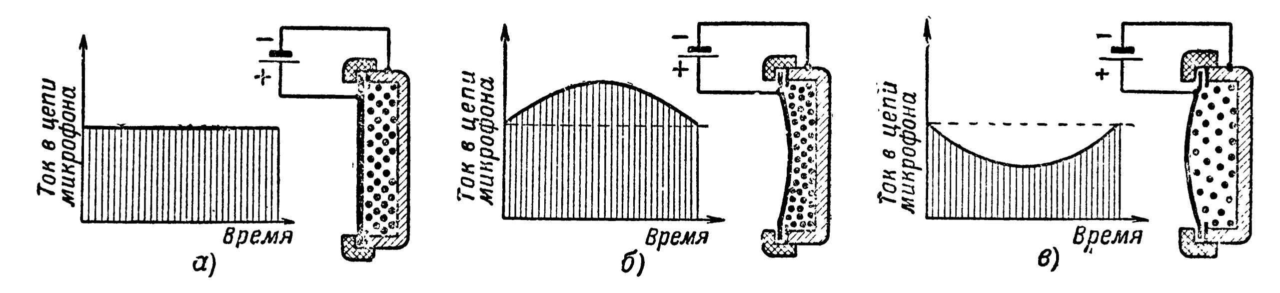


Рис. 2. Работа микрофона.

а—звука нет, в цепи микрофона течет постоянный ток; *б*—под действием звука мембрана вогнута, сопротивление уменьшилось, ток возрос; *в*—под действием звука мембрана выгнута, сопротивление увеличилось, ток уменьшается.

стоты, а после этого можно передать их по проводам на радиостанцию.

Чтобы понять как работает радиостанция, придется вернуться к колебательному контуру.

СНОВА О КОЛЕБАТЕЛЬНОМ КОНТУРЕ. Вспомним наши рассуждения. Излучая радиоволны, антенна непрерывно посылает в пространство электромагнитную энергию высокой частоты порцию за порцией. Эту энергию антенна получает из колебательного контура.

Откуда же беспрерывно черпает энергию сам колебательный контур? Очевидно, что нужно осуществить устройство, передающее контуру все новые и новые количества энергии взамен тех, которые он с пользой передает антенне, и тех, которые бесполезно затрачивает в самом себе. Нельзя предполагать, что колебательный контур работает как какой-то «вечный» маятник.

Вот о работе устройств, обеспечивающих создание радиоволн, мы теперь и должны сказать.

Радиотехника знает много всяких способов «подбрасывания» энергии в колебательный контур. Все они, за исключением одного, были отвергнуты практикой. Дело в том, что подбрасывание новых порций электрической энергии в контур нужно производить в такт с колебаниями. Не вовремя подброшенная порция электрической энергии не только не поддержит колебаний, но будет заглушать их.

Наиболее пригодный способ, посредством которого производится передача в контур новых и новых количеств электрической энергии, применяется уже около сорока лет. Мы имеем в виду использование электронной лампы, которая является душой современной радиотехники.

Для ознакомления с тем, как электронная лампа вместе с колебательным контуром создает токи высокой частоты, в качестве главного «действующего лица» мы пригласим трехэлектродную лампу. Для простоты объяснения принципа работы радиопередатчика мы воспользуемся этой старой заслуженной ветеранкой, а не современными более сложными генераторными лампами.

ПОУЧИТЕЛЬНЫЙ ЭПИЗОД. Известен интересный эпизод из истории развития паровой машины. Один мальчик был приставлен к примитивной старинной паровой машине. Обязанности мальчика были несложные, но весьма однообразные. В строго определенные моменты времени он должен был открывать и закрывать кран. Важно было не спутаться и не открыть кран раньше времени, чтобы не остановить машины. Мальчику, наделенному природной сообразительностью, надоедало утомительное занятие. Желая выкроить хотя бы немного свободного времени для своих игр, он пустился на хитрость. Веревками соединил он кран с качающимся коромыслом машины, предоставив самой машине заботиться об открывании и закрывании крана в нужные моменты. Машина была переведена с ручного обслуживания на автоматическое. Краны открывались и закрывались без прикосновения рук.

Этот эпизод напоминает то, что двумя столетиями позже произошло с изобретением лампового генератора токов высокой частоты.

В 1913 г. была разработана первая схема лампового генератора, положившая начало ряду других схем, обеспечивающих удобные способы получения токов высокой частоты.

В это время знали, что радиолампа может усиливать слабые переменные электрические токи практически любой частоты. Знали и то, что, если усиления одной лампы недостаточно, можно последовательными ступенями включить несколько электронных ламп одну вслед за другой. Несомненно, и до этого времени считали возможным усиленные таким образом мощные колебания высокой частоты подать прямо в антенну. В дверь стучалась идея создания ламповой передающей радиостанции. Нехватало одного: уменья решить задачу—откуда взять первоначальный переменный ток,

который следует подвести к сетке самой первой усилительной лампы.

И ученым пришла идея, с внешней стороны имевшая много общего с детской хитростью мальчика, обслуживавшего паровую машину. Они решили перевести электронную лампу на самообслуживание. Пусть она не ждет, когда ей соберутся подать к сетке переменное напряжение, а сама заботится об этом. Иными словами, лампу заставили заниматься не только усилением уже ранее где-то и чем-то созданных переменных токов, но и самой возбуждать, генерировать их.

Таким образом был создан первый ламповый генератор незатухающих колебаний.

ПЕРВЫЙ ЛАМПОВЫЙ ГЕНЕРАТОР. Схема этого генератора исключительно проста (рис. 3). В анодной цепи лампы (триода) *Л* включен колебательный контур *LC*, а в цепи сетки лампы — катушка L_c, близко расположенная к контурной катушке *L*. Вот и весь генератор.

Чтобы понять, как работает ламповый генератор, сделаем небольшое допущение. Оно нужно только на короткое время, и мы от него вскоре откажемся. Представим себе, что в колебательном контуре *LC* уже поддерживаются незатухающие колебания. Ток в катушке *L* непрерывно меняет свое направление, и с такой же частотой заряжается и разряжается конденсатор *C*. Следуя за изменениями тока в контуре, меняются величина и направление магнитного поля вокруг катушки *L*. То возникая, то исчезая, оно воздействует на витки катушки L_c (пересекает их) и, как это получается в любом трансформаторе, по индукции наводит в них напряжение.

Но к катушке L_c присоединена сетка лампы, следовательно, с такой же частотой, с какой колеблется ток в контуре, будет меняться и напряжение на сетке. Сетка действует автоматически, она не ошибается: «плюс» на сетке увеличивает анодный ток, протекающий через лампу, а «минус» — уменьшает его.

Качели можно раскачивать, подталкивая их в такт. Эту обязанность в лампе с большим прилежанием выполняет сетка, получающая то положительные, то отрицательные заряды. Она не дает покоя анодному току, заставляя его совершать непрерывные колебания.

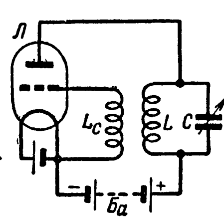


Рис. 3. Схема генератора с трансформаторной связью.

Так и не удается анодному току течь спокойно. Все время, пока нить (катод) лампы накалена, а на аноде лампы имеется положительное напряжение, ламповый генератор создает незатухающие колебания. Лампа за счет энергии анодной батареи $Б_а$ покрывает все потери в контуре. Получается своего рода «идеальный» колебательный контур. Решена задача получения незатухающих колебаний.

Ламповый генератор может быть уподоблен заведенным пружинным часам или стенным часам с поднятыми гирями. Упругость пружины или вес гирь полностью компенсирует все тормозящие силы трения и заставляет часовой механизм работать безостановочно.

Теперь мы можем отбросить наше допущение. Пусть в анодном контуре нет незатухающих колебаний. Но первый же толчок тока, вызванный включением генератора, импульсом создаст магнитное поле вокруг контурной катушки. Этот импульс будет передан сетке, и та незамедлительно сделает свое дело. Качели придут в движение. Раскачиваясь все более, они достигнут максимальных размахов, при которых раскачивающих усилий как раз хватит на преодоление всех сил, стремящихся остановить колебания.

Удалось удачно построить генератор, который работает сам, без ручного или механического управления. Он сам себя принуждает к действию, самовозбуждается. Поэтому такой генератор называется самовозбуждающимся.

ОБРАТНАЯ СВЯЗЬ. Разнесите контурную и сеточную катушки *L* и L_c на большее расстояние, чтобы магнитное поле контурной катушки *L* не «зацепляло» за витки сеточной катушки L_c, и все кончится. Колебания создаются только потому, что анодная цепь связана с сеточной и передает ей возбуждающие импульсы. Такая связь называется обратной связью: вместо того чтобы колебания из анодной цепи поступали куда-либо дальше, «на выход», они (не полностью, а частично) передаются обратно, на сетку своей же собственной лампы. Сеточная катушка, посредством которой сетка связывается с цепью анода, называется катушкой обратной связи. Чем больше витков в ней и чем ближе она расположена к контурной катушке, тем большее индуктируется в ней напряжение, тем сильнее связь.

Итак, не электронная лампа создает колебания — они создаются в колебательном контуре. Но никогда бы контур не создал незатухающих колебаний, если бы лампа не подбрасывала в контур все новые и новые количества электрической энергии для компенсации всех потерь,— полезных и вредных. Но и лампа не могла бы ничего передать контуру, если бы не получала энергию от источников питания — от

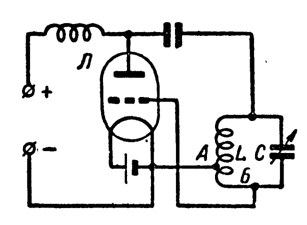


Рис. 4. Схема генератора с автотрансформаторной связью.

батарей или электрогенераторов, подающих напряжение на анод.

Темп колебаний, или, лучше сказать, частоту, навязывает колебательный контур. Колебания медленные, и электронная лампа будет в таком же медленном темпе передавать контуру очередные порции электрической энергии. Но ей никакого труда не составит производить это со скоростью нескольких миллионов или десятков и сотен миллионов раз в секунду. Попробуйте-ка вручную управлять электрической энергией с такой скоростью!

ТРЕХТОЧКА. Мы уже указывали, что сетке лампы совершенно безразлично, откуда ей подается «раскачка». В схеме рис. 3 обратная связь анодного контура с сеткой — трансформаторная. Вскоре было доказано, что иметь отдельную катушку обратной связи совершенно не обязательно. Для этого применили схему, у которой сетка (рис. 4) непосредственно присоединена к контурной катушке *L*. На сетку лампы *Л* подается напряжение, возникающее на части *А—Б* витков контурной катушки. Чем больше витков между точками *А* и *Б*, тем большее напряжение подается на сетку, тем сильнее обратная связь. Наоборот, передвигая соединительный проводник сетки к точке *Б*, мы уменьшали бы обратную связь. Такая связь называется автотрансформаторной. В принципе она ничем не отличается от трансформаторной. Оба способа представляют разновидности индуктивной связи: напряжение на сетке создается благодаря электромагнитной индукции.

Непременным условием действия схемы является такое соединение трех проводников от лампы *Л* к контуру *LC*, при котором провод от катода (нити) присоединяется между проводами от анода и сетки. Только тогда сеточные и анодные импульсы будут действовать в такт. Если анодный ток, например, должен увеличиваться, то для этого должно возрастать положительное напряжение на сетке.

Подачу порций энергии от лампы в контур строго в такт радиоспециалисты называют подачей в фазе. Схема с трансформаторной связью тоже может не возбудиться, если импульсы на сетке не в фазе с импульсами анодного тока. В этой схеме правильная фазировка достигается очень просто: если генератор не возбуждается, достаточно переключить концы сеточной катушки. В схеме с автотрансформаторной связью нужно расположить проводники только так, как показано на рис. 4.

Весьма простая по своему устройству, состоящая всего лишь из колебательного контура, в трех точках соединенного с лампой, эта схема пользовалась в свое время особым расположением радиолюбителей. Почти все радиопередатчики первых коротковолновиков имели генератор «трехточку».

ЗАДАЮЩИЙ ГЕНЕРАТОР. Ламповому самовозбуждающемуся генератору нехватает еще антенны, чтобы стать радиопередатчиком. Различие между мощными и маломощными радиостанциями заключается, главным образом, в степени усиления первоначально полученных в ламповом генераторе высокочастотных колебаний.

Если требуется мощность больше той, которую в состоянии отдать непосредственно самовозбуждающийся генератор, то применяют ступенчатое усиление все более мощными лампами. Иногда в одном усилительном мощном каскаде для увеличения мощности одновременно включают «в общую упряжку» несколько ламп — две, три и больше. Нередко можно встретить передатчик с тремя-четырьмя и даже семью-восемью каскадами. В таких условиях самовозбуждающийся ламповый генератор, первоисточник электрических колебаний, получает название задающего генератора: он «задает тон» всем остальным — усилительным — ступеням, «раскачивает» их.

Задающий генератор — «сердце» передатчика. Остановится «сердце», и все остановится. Первый усилительный каскад ничего не получит на сетку лампы от задающего каскада и поэтому ничего не передаст второму каскаду, второму нечего будет передавать третьему и т. д. Тщетно антенна будет ожидать получения токов высокой частоты от мощного оконечного каскада.

И «сердце» передатчика тщательно оберегают. Ему вредна перегрузка. На него действует тепло, выделяемое током в различных деталях установки. Всякое изменение температуры приводит к изменению размеров металлических конструкций, в частности к изменению размеров деталей конденсатора и катушки контура. Меняется индуктивность, меняется емкость, а от этого меняется генерируемая частота, «гуляет» волна радиостанции В поисках сигналов станции приходится все время перестраивать приемник.

Чтобы избежать неприятностей, от задающего генератора не требуют большой мощности — лишь бы он генерировал колебания строго определенной частоты. Как нежное растение помещают в оранжерею, так и задающий генератор часто помещают в камеру со строго постоянной температурой. Чаще же применяют

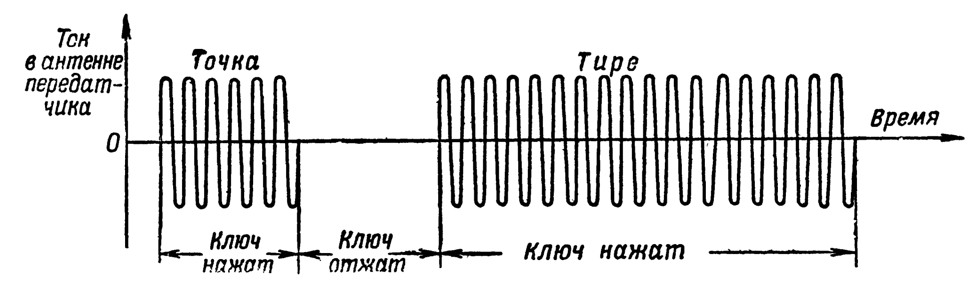


Рис. 5. Ток высокой частоты в антенне передатчика при телеграфной работе.

особые стабилизаторы частоты, которые не позволяют генерируемой частоте отклоняться от заранее установленного значения, от номинала частоты.

Связующим звеном между ламповым генератором и антенной является питающая линия (фидер). Она играет роль плюса в несложном арифметическом выражении:

радиопередатчик = ламповый генератор + + антенна.

Питающая линия состоит из проводов или кабеля, соединяющих антенну с ламповым генератором.

Таким образом, мы познакомились с общим принципом действия радиопередатчика.

ВКЛЮЧАЕМ РАДИОПЕРЕДАТЧИК. Через радиопередатчики может быть осуществлен любой вид работы: передача радиограмм с помощью телеграфной азбуки (ридотелеграфная передача), передача речи и музыки (радиотелефонная передача), буквопечатание и передача изображений.

Самый простой вид работы — прерывание колебаний; так поступают радисты, выстукивая ключом знаки телеграфной азбуки: при нажатии ключа замыкаются его контакты, и серия высокочастотных колебаний поступает в антенну, при размыкании контактов подача колебаний в антенну прерывается. Короткое время включения соответствует точке, длинное — тире. Этот процесс называется манипуляцией (рис. 5).

Но таким способом можно передавать лишь условные знаки телеграфной азбуки. А если нужно передать речь или музыку, то прежде всего следует обратиться к помощи микрофона.

О первом этапе превращения звука в электрический ток мы уже знаем. Этот ток мы усилили и направили по проводам на радиостанцию. К передатчику, таким образом, звуки пришли в виде электрических колебаний низкой частоты. Что же теперь с ними делать?

МОДУЛЯЦИЯ. Используемые для вещания на больших расстояниях радиоволны имеют длину от 15 до 2 000 *м*, а это значит, что частота, с которой колеблется вызывающий их электрический ток, равна 20 000 000 (20 *Мгц*) — 150 000 (150 *кгц*) колебаний в секунду. Самая же высокая звуковая (низкая) частота, которую способно воспринимать наше ухо, имеет примерно 20 000 колебаний в секунду.

Таким образом, получается, что колебания, которые мы можем услышать, имеют весьма низкую частоту и поэтому неспособны излучаться в пространство.

Колебания же, излучающиеся на огромные расстояния в виде электромагнитных волн, имеют очень высокую частоту, которую мы не можем слышать.

Остается, видимо, как-то приспособить высокочастотные колебания для «транспортировки» колебаний звуковой частоты.

Такой способ был найден. Колебания звуковой частоты заставляют воздействовать на колебания высокой частоты. Процесс воздействия низкочастотных колебаний на высокочастотные называется *модуляцией.*

Электрические колебания звуковой частоты трудно передать далеко, а с помощью высокой частоты они свободно перебрасываются вокруг всего земного шара.

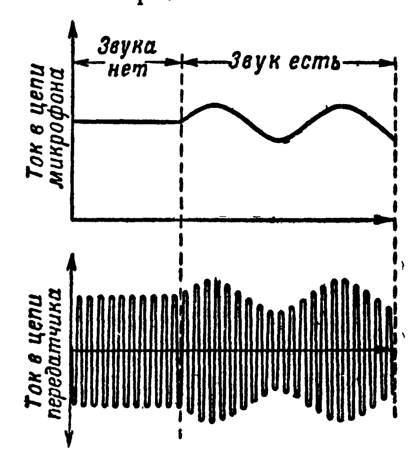


Рис 6. Графическое изображение результата модуляции.

Термин «модуляция» издавна применяется в музыке для обозначения перехода из одной тональности в другую — смены ладов.

В электротехнике модуляция — это изменение какой-нибудь из характеристик электрического тока: его силы, частоты, фазы, в соответствии с колебаниями какого-либо другого тока.

Модуляция — это не просто смешение токов, а такое воздействие низкочастотного тока на высокочастотный, когда низкочастотный ток как бы отпечатывает свою форму на высокочастотном.

Ток высокой частоты, на который воздействует телефонный разговор, называется модулируемым током, *модулируемым колебанием*. Говорят также *«несущее колебание»*. Это — удачное название. Оно хорошо показывает сущность процесса. Высокочастотное колебание после модуляции несет на себе (или в себе) отпечаток тока низкой частоты.

Процесс модуляции осуществляется с помощью специального устройства, называемого модулятором.

Модулятор осуществляет воздействие токов низких частот на высокочастотные колебания. Делается это в радиопередатчиках посредством специальных модуляторных ламп.

Высокочастотные колебания до модуляции ничем не отличаются одно от другого. Но вследствие действия электрических колебаний, поступающих с микрофона, амплитуда их меняется. Она становится то больше, то меньше. Эти изменения в точности соответствуют колебаниям микрофонного тока, а следовательно, и звуковым колебаниям. Так на электрические колебания высокой частоты накладывается «отпечаток» (узор) передаваемых звуков, и в результате получаются модулированные колебания, которые излучаются радиостанцией (рис. 6).

Назначение радиопередающих станций очень разнообразно. Некоторые из них ведут передачи для всей страны и располагаются в больших помещениях. Любительская радиостанция часто свободно размещается на столе в квартире коротковолновика. Но как бы ни отличались они по своему виду и размерам, принципиальной разницы в их работе нет. Радиотехнические процессы в них почти одинаковы, и отличаются они в основном только мощностью колебаний и длиной излучаемых радиоволн.

Каждая радиостанция — это фабрика радиоволн. Она потребляет электрическую энергию от батарей или от генератора, или от электрической сети и преобразует ее в высокочастотные электрические колебания, которые после усиления и модуляции попадают в передающую антенну. Отсюда они уже в виде радиоволн начинают свое путешествие к радиоприемникам.

КАК ПРОИСХОДИТ РАДИОПРИЕМ[1]

«Говорит Москва!» — сказал диктор у микрофона.

И целое множество звуковых колебаний пронеслось по воздуху, достигло мембраны микрофона, заставило ее колебаться. Колебания мембраны превратились в колебания электрического тока. Последние, пройдя через усилители, с большой скоростью промчались по проводам к генератору радиостанции, который возбуждает колебания высокой частоты. Ток низкой частоты здесь воздействует с помощью модулятора на высокочастотные токи, т. е. как бы отпечатывает на них свою форму. Затем усиленный радиолампами ток высокой частоты попадает в антенну. Вокруг антенны радиостанции образуется переменное электромагнитное поле, излучающееся и распространяющееся в окружающем пространстве с большой скоростью.

Этот путь колебаний от микрофона до антенны описан в предыдущей статье.

Проследим теперь дальнейший путь радиопередачи до громкоговорителя радиоприемника.

У ВХОДА В РАДИОПРИЕМНИК. Для приема радиопередач необходима приемная антенна. Она не отличается от передающей антенны, но назначение ее другое. Она должна уловить энергию, которую несут радиоволны.

Когда переменное электромагнитное поле встречает на своем пути металлический провод антенны, оно воздействует на свободные электроны, заключенные в проводнике. Электроны приходят в колебательное движение и послушно повторяют все изменения эелктромагнитного поля. В результате в приемной антенне возникает переменный ток.

Этот ток очень мал. Но его изменения совершаются в такт с колебаниями приходящих радиоволн и, значит, в точности совпадают с изменениями тока, который протекает в антенне, излучающей радиоволны.

Приемная антенна соединяется с радиоприемником, к которому и подводятся электрические колебания, созданные в антенне. Теперь очередь за ним. Какие сложные задачи предстоит выполнить приемнику? Электрические явления, происходящие в схеме этого маленького радиоаппарата, пожалуй, сложнее тех,

[1] По разным источникам.

какие происходят в радиопередатчиках, занимающих иногда целые здания.

КАК СОРТИРУЮТСЯ РАДИОВОЛНЫ. Включив радиоприемник, мы начинаем его настраивать, вращая одну из ручек.

Что же происходит при настройке приемника и почему она необходима?

В настоящее время имеется очень много передающих радиостанций. Они находятся в разных городах и ведут различные передачи. Одна из них передает доклад, другая — последние известия, третья — концерт и т. д.

Каждая станция излучает радиоволны, которые доходят до приемных антенн и возбуждают в них электрические колебания. Антенна в одно и то же время принимает все передачи. Если бы слушали их одновременно, то услышали бы такую смесь звуков, из которой ничего нельзя было бы понять. Чтобы этого не было, все радиостанции работают на разных волнах. Это значит, что каждая из них излучает электромагнитные колебания лишь определенной только для нее установленной частоты. Следовательно, в приемной антенне любая радиостанция возбуждает колебания своей частоты, отличной от частот других станций. И вот, чтобы можно было слушать каждую передачу в отдельности, приемник отбирает из всех колебаний, возбуждаемых в антенне только колебания одной радиостанции (рис. 1). Такая сортировка радиоволн происходит в колебательном контуре радиоприемника, куда попадают электрические колебания, принятые антенной. Здесь используются свойства *электрического резонанса колебательного контура*.

Явление резонанса нам приходится наблюдать очень часто.

Струну любого музыкального инструмента можно заставить звучать, не прикасаясь к ней, стоит только вблизи от нее создать такой же звук, какой она сама может издавать. Например, положим на стол две одинаково настроенные гитары и заставим струну одной из них сильно звучать. Если прекратить тотчас же (прижав рукой) колебания этой струны, можно легко заметить, что одинаково настроенная струна другой гитары будет слабо звучать, хотя к ней и не прикасались.

Резонанс широко используется в музыке. Но в строительном деле стараются, наоборот, избежать резонанса. Строителям приходится вести с ним борьбу, так как механический резонанс может привести к разрушениям.

Лет пятьдесят назад в Петербурге неожиданно рухнул висячий Египетский мост, когда по нему «в ногу» проходила войсковая часть. Возник резонанс, мост недопустимо сильно раскачался

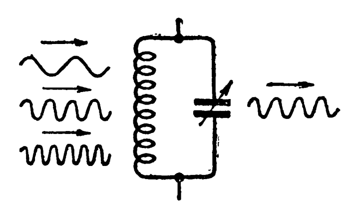


Рис. 1. Контур пропускает ту частоту, на которую он настроен.

ритмичными толчками ног, и произошел обвал.

Резонанс — это отклик. Раскачиваемое устройство как бы «откликается» на толчки той же частоты, с какой оно способно колебаться само, если нарушить его покой. При совпадении ритма толчков с частотой собственных колебаний устройства размах колебаний такого устройства резко возрастает. Если же частота толчков не совпадает с собственной частотой, колебания получаются слабыми.

Поэтому, для того чтобы при одновременной работе нескольких станций вы могли бы принять по желанию только одну из них, вам нужно настроить вашу антенну в резонанс с колебаниями, которые происходят в антенне нужной вам радиостанции.

Для этого как будто бы нужно изменить длину антенны, но это неудобно, да и почти невозможно. Вместо этого в антенну включают проволочную катушку. Оказывается, что в зависимости от того, какое число витков катушки включено в антенну, меняется частота, на которую она настроена. Увеличение числа витков катушки как бы удлиняет антенну: чем больше число витков, тем меньше становится собственная частота электрических колебаний в антенне.

Для того чтобы было удобно включать то или иное число витков, делают отводы. Передвигая ползунок переключателя, вы включаете в антенну большее или меньшее число витков катушки и, таким образом, настраиваете ее в резонанс с колебаниями той или иной станции.

Это будет все же очень грубая настройка, так как она изменяется не плавно, а скачками Поэтому переключателем обычно настраиваются на определенный участок (диапазон) волн, а затем подстраиваются точно на нужную станцию с помощью конденсатора переменной емкости, который вместе с катушкой и антенной образует колебательный контур приемника. Изменяя емкость конденсатора, мы также изменяем собственную частоту электрических колебаний антенны и заставляем ее отзываться на приходящие радиоволны той станции, передачу которой хотим слушать.

В «двери» радиоприемника «стучатся» радиоволны многих радиостанций. Но благодаря

резонансу «вход открывается» сигналам только той радиостанции, на которую настроен приемник в данный момент.

Чтобы перейти на прием другой станции, необходимо изменить частоту собственных колебаний контура приемника путем изменения индуктивности или емкости.

Этот принцип настройки используется во всех современных радиоприемниках. Процесс настройки любого радиоприемника, который внешне сводится к вращению рукоятки и наблюдению за перемещением стрелки на шкале, есть не что иное, как настройка колебательного контура в резонанс с частотой электромагнитных волн, создаваемых радиостанцией, которую мы хотим услышать.

Амплитуды принимаемых сигналов обычно очень малы и их нередко приходится усиливать. Для этого в приемнике имеется специальный усилитель, т. е. радиолампа, которая увеличивает амплитуду принимаемых колебаний, не меняя их частоты. Такой усилительный каскад радиоприемника называется *усилителем высокой частоты.*

От детектора к громкоговорителю. Теперь приемнику нужно преобразовать модулированные колебания высокой частоты в колебания низкой частоты.

Поскольку несущие высокочастотные колебания выполнили свою роль и донесли колебания звуковой частоты до приемника, они нам более не нужны. Ведь высокочастотный модулированный ток не может непосредственно привести в действие обычный электромагнитный телефон.

Нам нужны теперь лишь низкочастотные колебания.

Преобразование модулированных колебаний высокой частоты процесс, обратный модуляции. Он называется *демодуляцией* или *детектированием* по имени простейшего прибора, применяемого для этой цели, — детектора.

Детектор слово латинское и значит — раскрывающий, обнаруживающий. Это — прибор, обнаруживающий, выделяющий колебания низкой частоты. Детекторы бывают кристаллические, применяемые в основном в детекторных приемниках, и ламповые. В ламповых приемниках всегда есть лампа, служащая детектором.

Чтобы была ясна роль детектора, мы прежде рассмотрим принцип действия электромагнитного телефона.

Телефон представляет собой, в сущности, электромагнит, сердечник которого намагничен (так называемый поляризованный электромагнит). Вместо якоря электромагнита в телефоне употребляется тонкая стальная пластинка (мембрана), которая притягивается к электромагниту.

Если по обмотке электромагнита проходит ток, то он создает магнитное поле, которое либо усиливает притяжение постоянного магнита, либо ослабляет его (в зависимости от того, направлено ли поле электромагнита в ту же сторону, что и поле постоянного магнита, или в противоположную сторону).

В соответствии с этим мембрана либо больше, либо меньше притягивается к сердечнику электромагнита, т. е. совершает механические колебания, подобные тем электрическим колебаниям, которые происходят в обмотке телефона.

Таким образом, телефон превращает электрические колебания в звуки. А для того чтобы телефон воспроизводил передаваемые звуки, нужно, чтобы токи в цепи телефона как раз соответствовали тем низкочастотным колебаниям, которыми был промодулирован передатчик.

Следовательно, модулированные высокочастотные колебания должны быть преобразованы в те более медленные колебания, которые соответствуют модуляции. Эту задачу выполняет детектор.

Упрощенно действие детектора можно объяснить так. Детектор — это выпрямитель, т. е. прибор, который пропускает ток только в одном направлении. Поэтому модулированные высокочастотные колебания детектор преобразует в токи, текущие в одном направлении.

Мембрана телефона вследствие своей инерции не успевает следовать за отдельными высокочастотными импульсами (толчками) тока и отзывается на среднюю величину силы, создаваемой этими импульсами. Если импульсы сильнее, то мембрана притягивается сильнее, когда импульсы слабее, и мембрана притягивается слабее.

Но импульсы после детектора тем больше, чем больше амплитуда модулированных колебаний, подводимых к детектору. Поэтому мембрана совершает колебания, повторяющие те изменения амплитуды, которые происходят в модулированном колебании (рис. 2).

А это значит, что мембрана телефона воспроизводит те колебания, которые действовали на микрофон передающей станции.

Если полученные колебания низкой частоты дополнительно усиливаются после детектора, то вместо телефонных трубок применяются громкоговоритель.

Этим завершается сложный процесс радиопередачи.

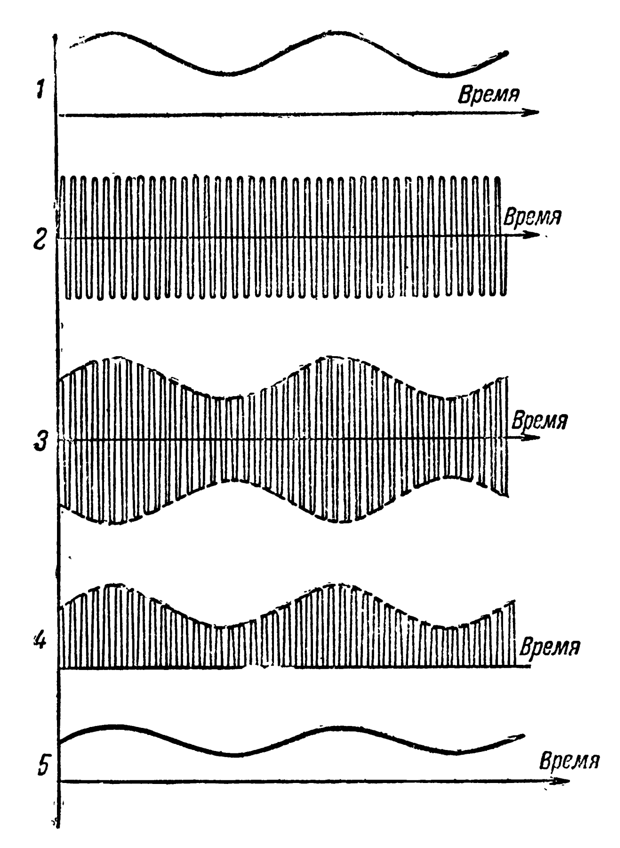


Рис 2. Как преобразуются колебания от микрофона до телефона или громкоговорителя при радиопередаче и радиоприеме.

1—ток в цепи микрофона—медленные колебания, управляющие амплитудой колебаний высокой частоты; *2*—колебания высокой частоты до модуляции; *3*—модулированные колебания; *4*—продетектированные модулированные колебания; *5*—ток в цепи телефона.

Как видно из сравнения кривых *1* и *5*, ток в цепи телефона изменяется подобно току в цепи микрофона.

Любопытно отметить следующее. Если вы находитесь, например, в 1 000 *км* от радиостанции, то каждый произнесенный в студии звук пройдет весь путь от микрофона до нашего уха в пять раз быстрее, чем он успеет достигнуть по воздуху до стены той же студии, находящейся в 5 *м* от диктора.

Так велика скорость всех радиотехнических процессов.

ЗВУКОВОЕ ДАВЛЕНИЕ И ЭНЕРГИЯ ЗВУКОВОЙ ВОЛНЫ[1]

Возникновение волн характеризуется образованием последовательных сжатий и разрежений воздуха. Несомненно, важное значение имеет сила сжатия, которая характеризуется давлением. В технике давление выражают в килограммах на квадратный сантиметр (*кг/см²*) — атмосферах. Звуковое давление удобнее выражать миллионными долями технической единицы давления. Единицей звукового давления является бар (1 бар = = 1/1 000 000 *кг/см²*).

Давление 1 бар испытывает плоская поверхность 1 *см²* при равномерной нагрузке в 1 дину (1 *г* = 981 дина). Звуковое давление, соответствующее средней громкости звука, равно 1—2 барам.

Звуковая волна характеризуется также силой звука, под которой понимают мощность звуковой волны, приходящейся на единицу площади, перепендикулярной направлению распространения звуковой волны. Сила звука измеряется в ваттах на квадратный сантиметр площади.

Для передачи звука на расстояние требуется затратить некоторую мощность, так как при этом необходимо привести частицы воздуха на всем протяжении от источника звука до места его приема. Если учесть, что размах колебаний каждой частицы воздуха невелик и измеряется миллионными долями миллиметра, то можно найти, что необходимая мощность для возникновения звука и распространения его на значительные расстояния будет невелика. Казалось бы, можно создать звуки большой громкости и распространить их на большие расстояния. В действительности это не так. Громкость звука зависит от мощности звуковой волны, и трудно создать волны с большой энергией и громкостью звука по следующим причинам:

1. Только незначительная часть мощности, затрачиваемая колеблющимся телом, превращается в звуковую энергию. Так, например, музыкальные инструменты превращают в звуковую энергию едва тысячную часть энергии, затрачиваемую на создание колебаний.

2. Звуковые волны распространяются от источника звука радиально по всем направлениям, и мощность звуковой волны по мере ее удаления от источника распределяется среди быстро возрастающего количества частиц. Следовательно, каждая новая частица, приведенная в колебательное движение, получает энергию значительно меньше, чем предыдущая.

Заметное убывание мощности звуковой волны вызывается превращением звуковой энергии в тепловую, чему способствует внутреннее трение частиц воздуха. Интересно отметить, что при звуке, слышимом на расстоянии 100 *м* от источника его, приходит в движение около 2 500 *т* воздуха.

[1] В. Ю. Рогинский и В. З. Фейгельс. От микрофона до громкоговорителя, Госэнергоиздат, 1955.

ОСОБЕННОСТИ ВОСПРИЯТИЯ ЗВУКА ЧЕЛОВЕКОМ[1]

Наряду с простейшими звуковыми колебаниями могут быть и сложные. Сложные звуки характеризуются одновременным наличием колебаний той или иной частоты. Такие звуки состоят из основной частоты (наиболее низкой) и частоты кратных основной (более высоких). Последние называют гармониками основной частоты. Наличие гармоник позволяет различать голоса отдельных людей и характеризует тембр или «окраску» звука.

Человеческое ухо обладает способностью слышать звуки в очень большом диапазоне изменений звукового давления и разделяет их по частоте, громкости и другим их характерным особенностям.

Одной из существенных особенностей человеческого уха является то, что громкость звука (субъективное ощущение силы звука) воспринимается пропорционально не силе звука, а логарифму его изменения. Такая особенность человеческого уха позволяет ему реагировать на звуки, отличающиеся друг от друга по своей силе в сотни миллионов раз. Самые слабые звуки, которые еще в состоянии воспринимать ухо, называют «порогом» слышимости. Если громкость звука еще уменьшить, то ухо перестает его ощущать. Верхним пределом громкости является болевой предел, по достижении которого ухо перестает слышать звук и ощущать боль.

Пределы слышимости изменяются в зависимости от частоты звука. Порог слышимости на частоте 1 000 *гц* соответствует звуковому давлению 0,0002 бар. На частоте 100 *гц* порог слышимости соответствует звуковому давлению приблизительно 0,02 бар. Следовательно, чувствительность уха на частоте 100 *гц* в 100 раз ниже, чем на частоте 1 000 *гц*.

На частоте 1 000 *гц* порог болевого ощущения составляет 1 000 бар, что соответствует увеличению давления по сравнению с порогом слышимости в 5 млн. раз. Технически удобнее исчислять изменение давления или интенсивности звука в децибелах *(дб)*. Примеры различных уровней силы звука в децибелах приведены на рис. 1.

Благодаря способности уха различать звуки по их частоте мы имеем возможность отличать друг от друга разные источники звука. Основные частоты музыкальных инструментов

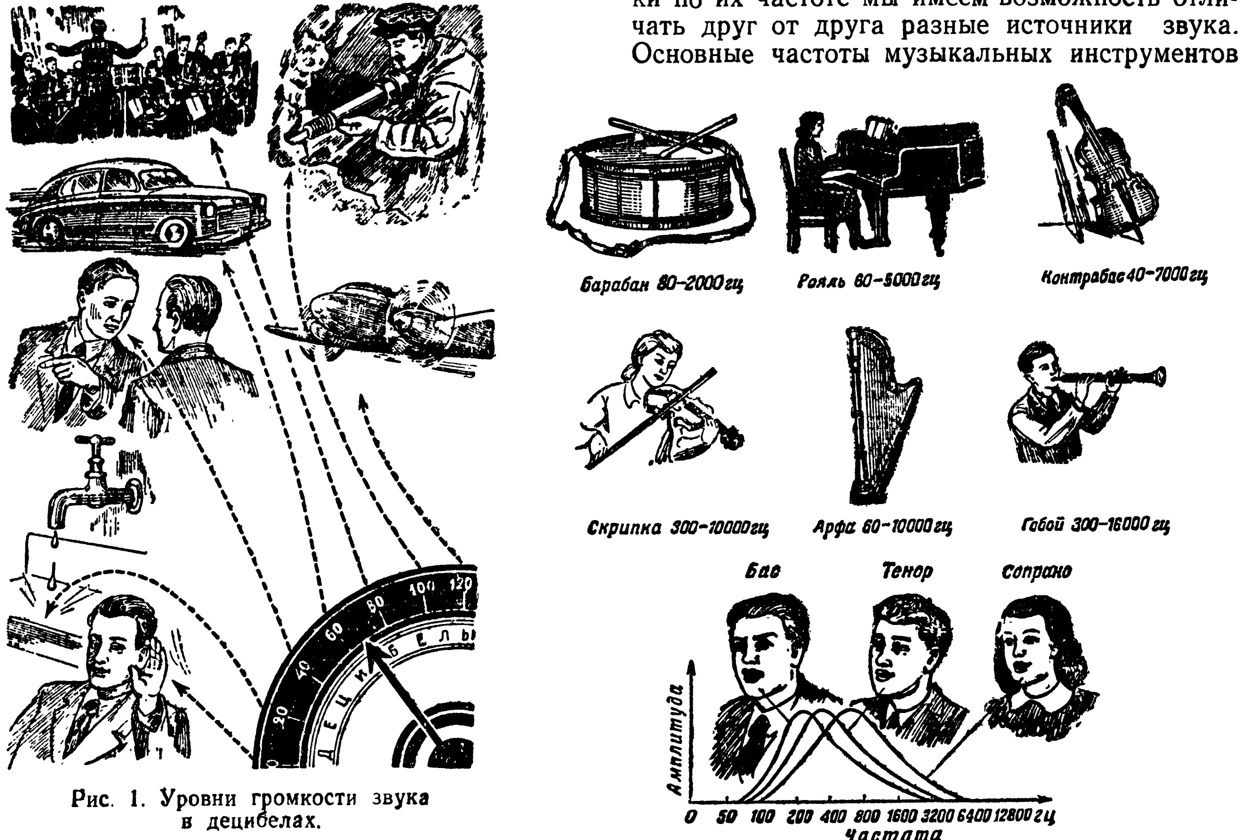


Рис. 1. Уровни громкости звука в децибелах.

Рис. 2. Частота колебаний музыкальных инструментов и человеческих голосов.

[1] В. Ю. Рогинский и В. З. Фейгельс. От микрофона до громкоговорителя, Госэнергоиздат, 1955.

и человеческих голосов не выходят за пределы 40 — 8 000 *гц*. Однако для неискаженной передачи всех оттенков речи и особенностей звучания некоторых музыкальных инструментов и типичных голосов надо передавать и колебания более высокого порядка вплоть до 16 000 *гц*. Частоты колебаний музыкальных инструментов и некоторых голосов приведены на рис. 2.

Если при передачах по радио или телефону не обеспечивается воспроизведение всей полосы частот, свойственных данному инструменту или голосу, то возникают искажения.

ИСКАЖЕНИЯ ПРИ ПЕРЕДАЧЕ ЗВУКА[1]

При передаче звуков возможны два вида основных искажений: частотные и нелинейные.

Частотные искажения заключаются в том, что при преобразовании звуковых колебаний в электрические, усилении последних и преобразовании их затем снова в звуковые происходит неодинаковое усиление колебаний разных частот. Некоторые из колебаний воспроизводятся лучше, другие — хуже. Если, например, в процессе преобразований высокочастотные составляющие колебания воспроизводятся хуже, чем низкочастотные, то голос женщины можно принять за мужской. Характерные для женского голоса колебания высокой частоты будут воспроизводиться плохо.

Отсутствие искажений необходимо также для того, чтобы можно было отчетливо разбирать слова. При больших частотных искажениях оказывается трудно на слух различить некоторые звуки и слова, сходные по звучанию.

Нелинейные искажения заключаются в том, что в процессе преобразования звука к нему добавляются колебания, ранее в нем не содержащиеся. В результате при воспроизведении звука резко выраженными нелинейными искажениями ясно слышится «дребезжание».

Если, например,усиливаются колебания какой-либо определенной частоты, то при отсутствии нелинейных искажений мы получим колебания той же частоты но с большей амплитудой.

При наличии же искажений к колебаниям этой частоты прибавятся колебания кратных частот (удвоенной, утроенной и т. д.), т. е. второй, третьей и т. д. гармоник. Поэтому величина нелинейных искажений определяется коэффициентом гармоник, характеризующим процент содержания гармоник. Считается допустимым, если коэффициент гармоник менее 5%. При коэффициенте гармоник больше 17% звучание становится неприятным.

[1] В. Ю. Рогинский и В. З. Фейгельс. От микрофона до громкоговорителя, Госэнергоиздат, 1955.

ЛИТЕРАТУРА

Книги

Ю В. Костыков, Техника связи, Воениздат, 1953.

Книга в научно-популярной форме раскрывает сущность физических процессов, происходящих в аппаратуре и в линиях электрической связи. Глава четвертая, занимающая около 100 страниц, посвящена радио.

А. Князев, Как работает радиостанция. Воениздат, 1954.

Рассчитанная на читателя с 6—7 классным образованием, книга знакомит с устройством и принципами действия передвижных радиостанций. Основные главы книги: радиоволны, колебания и резонанс, радиолампа, передача и прием, приемопередатчик.

Ф Честнов, В мире радио, Воениздат, 1954.

В первой главе «Рождение и жизнь радиоволн» доступным для начинающего радиолюбителя языком объясняются принципы радиотелефонной передачи и радиоприема.

И. П. Жеребцов. Радиотехника, Связьиздат, 1954.

Учебное пособие для радиокружков и самообразования

В Ю. Рогинский и В. З. Фейгельс, От микрофона до громкоговорителя (Массовая радиобиблиотека), 1955.

Популярный рассказ о физических процессах радиопередачи и радиоприема.

В. Г. Борисов, Юный радиолюбитель, второе издание (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1955.

Излагаются в форме популярных бесед элементарные основы электротехники и радиотехники, принципы работы радиоприемников.

Ю В Костыков, Л. Н. Ермолаев, Первая книга радиолюбителя, Воениздат, 1955.

Рассмотрены основы учения об электричестве и радио, разобраны схемы простейших радиоприемников.

С. А Бажанов, Что такое радиолокация, Воениздат, 1948.

В пятой главе рассказывается о ламповых генераторах.

Г М. Давыдов, «Говорит Москва!», издание второе, переработанное, Связьиздат, 1957.

Книга знакомит с историей развития радио в нашей стране, с основами учения об электричестве и радио, с работой радиостудии, трансляционной сети и студийной аппаратурой. Большой раздел посвящен описанию электронной лампы.

СТАТЬИ

Г. Давыдов, От микрофона до антенны, «Радио», 1950, № 1.

С. Э. Хайкин, Как происходит радиопередача и радиоприем, «Радио», 1951, № 2.

В. Тимофеев, О Писаржевский, Как производится радиопередача, «Радио», 1955, № 2.



ГЛАВА ЧЕТВЕРТАЯ

РАДИОСХЕМЫ



СХЕМЫ — ЯЗЫК РАДИОТЕХНИКИ[1]

Есть области человеческой деятельности, где словами пользоваться неудобно. Музыканты, например, применяют ноты, математики пользуются алгебраическими выражениями, химики используют язык формул, инженеры-механики выражают свои мысли чертежами.

Электрики и радиотехники говорят схемами.

Схемы — это язык электрорадиотехники.

Схему можно читать примерно так, как мы читаем обычную книгу. По принципиальной схеме радиоприемника всякий, умеющий читать ее, без каких бы то ни было текстовых пояснений может точно определить не только все детали, входящие в состав данного приемника, но и роль и назначение каждой из них, порядок соединения этих деталей между собой, прохождение токов как в отдельных участках и узлах схемы, так и во всей схеме.

По принципиальной схеме можно определить класс приемника, его электрические особенности, достоинства и прочее. Словом, схема любого приемника или аппарата дает полное представление об его принципиальном устройстве и поэтому, руководствуясь только ею, можно построить приемник.

Но чтобы схемы любых радиоприемников или аппаратов были настолько доступны для чтения и понимания, как обычные печатные книги, надо знать схемный язык, надо уметь читать схемы. Для этого прежде всего необходимо изучить азбуку схемного языка, т. е. условные обозначения всех деталей, применяющихся в радиоаппаратуре. Эта азбука достаточно обширна, притом она по мере появления новых деталей пополняется новыми обозначениями. Запоминается эта азбука сравнительно легко и быстро в процессе практического ее изучения.

[1] По разным источникам.

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ[2]

КОНДЕНСАТОРЫ. Обычно конденсаторы составляют наиболее многочисленную часть деталей приемника. Они входят в разные его цепи в зависимости от емкости и места включения принимают участие в самых разнообразных процессах. Конденсаторы служат для связи между отдельными каскадами приемника и для их развязки, используются они также для настройки колебательных контуров, для разделения переменных и постоянных токов, сглаживания пульсаций и т. д.

Конденсаторы бывают постоянной емкости (емкость их не может быть изменена), переменной емкости (емкость их можно в сравнительно широких пределах изменять), а также подстроечные конденсаторы (их емкость незначительно изменяют при налаживании приемника).

Условные обозначения конденсаторов показаны на стр. 73. Около каждого условного обозначения конденсатора ставится латинская буква *C* с соответствующим порядковым подстрочным числом (например, C_1, C_2 и т. д.) и значение емкости без наименования единицы измерения.

Емкости конденсаторов, лежащие в пределах от 1 до 9 999 *пф,* обозначаются целыми числами, выражающими их емкость в пикофарадах (например, $C_1 = 20$, $C_2 = 5\,000$ и т. д.). Конденсаторы емкостью от 0,01 *мкф* (10 000 *пф)* и выше обозначаются в долях микрофарады (например, $C_6 = 0{,}1$) или в целых микрофарадах. Если при этом емкость конденсатора равна целому числу микрофарад, то для отличия от обозначения емкости в пикофарадах за последней значащей цифрой ставятся запятая и нуль (например, $C_{18} = 20{,}0$). Когда емкость конденсатора равна долям пикофарады или выражается целым числом с долями пикофарады, после численного выражения емкости

[2] По разным источникам.

ставится сокращенное наименование единицы измерения (например, C_{26} = 1,5 *пф*).

Для конденсаторов переменной емкости и подстроечных конденсаторов на схемах приводится либо наибольшее значение емкости (например, C_4 = 500) либо пределы ее изменения (C_4 = 17-500).

Для электролитических конденсаторов часто указывается также их рабочее напряжение (например, C_{24} = 10,0×450 в). Знаки + и — указывают полярность включения электролитического конденсатора.

СОПРОТИВЛЕНИЯ. Наряду с конденсаторами в приемниках широко применяются также сопротивления. Постоянные сопротивления служат для получения нужного режима питания ламп, нагрузок, развязки, цепей и т. п., а переменные — для регулировки обратной связи, громкости, тембра и т. д. Условные обозначения сопротивлений приведены на стр. 73.

Сопротивления бывают разных конструкций и разного устройства, но в большинстве случаев они представляют собой небольшой цилиндр из фарфора или какого-нибудь другого изолятора, на который тем или иным способом нанесен проводящий слой, обладающий нужным электрическим сопротивлением. В других конструкциях на цилиндр наматывается требуемое количество витков тонкой проволоки из специальных сплавов, обладающих большим сопротивлением.

В качестве условного схематического изображения сопротивлений выбран прямоугольник. Если сопротивление выполняется из проволоки, то оно иногда изображается в виде зигзагообразной линии.

Для нормальной работы радиоаппарата важно, чтобы все сопротивления в схеме были правильно выбраны в отношении мощности. Поэтому на прямоугольнике, изображающем сопротивление, помещают условные обозначения, указывающие их мощность в ваттах (рис. 1). Двумя перекрещивающимися или двумя косыми линиями обозначаются сопротивления, рассчитанные на мощность рассеивания 0,12 *вт*. Косой чертой обозначаются сопротивления, рассчитанные на мощность 0,25 *вт*, прямой чертой, расположенной вдоль обозначения сопротивления,— 0,5 *вт*. Следующие обозначения являются просто римскими цифрами.

Около каждого графического изображения сопротивления ставится латинская буква *R* с подстрочным порядковым числом (например, R_1, R_2 и т. д.) и числовым значением величины сопротивления без указания единицы измерения. Сопротивления от 1 до 999 *ом* обозначаются целыми числами, выражающими их величину в омах (например, R_2 = 400). Сопротивления от 1 до 999 тыс. *ом* обозначаются числом килоом с буквой *к* (например, R_1 = 30 *к*). Все сопротивления большей величины выражаются в мегомах, причем если величина сопротивления равна целому числу мегом, то после цифры ставятся запятая и нуль (например, R_9 = 1,0).

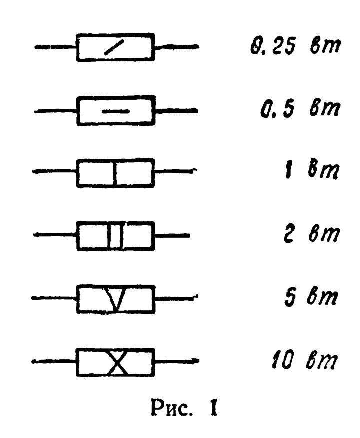


Рис. 1

За последнее время на схемах встречаются обозначения сопротивлений величиной от 100 *к* до одного мегома, выраженные в *ком* (например, 0,25 — 250 *к*).

В тех случаях, когда величина сопротивления составляет доли ома или выражается целым числом с долями ома, после численного значения сопротивления ставится единица измерения (например, R_{12} = 7,5 *ом*).

КАТУШКИ И ТРАНСФОРМАТОРЫ. Условные обозначения катушек, дросселей и трансформаторов приведены на стр. 74. Около условного обозначения катушки ставится латинская буква *L*, около дросселя — буквы *Др* и около трансформатора — *Тр*. Обмотки трансформатора первичная, вторичная и далее обозначаются римскими цифрами I. II. III и т. д.

ЭЛЕКТРОННЫЕ ЛАМПЫ. В большей части радиоаппаратуры применяются электронные лампы. В настоящее время применяются лампы очень многих типов. Они отличаются друг от друга своим назначением, а по своей конструкции — числом электродов и внутренним устройством. Ламповые электроды связаны в схемах со многими деталями и цепями. Поэтому все части лампы — ее электроды — должны быть показаны на условном обозначении лампы, иначе нельзя будет представить себе способ ее включения. В соответствии с этим основным условием разработана простая и удобная система обозначения ламп.

Основной конструктивной частью каждой лампы является ее баллон, который изображается в виде овала или круга. У каждой

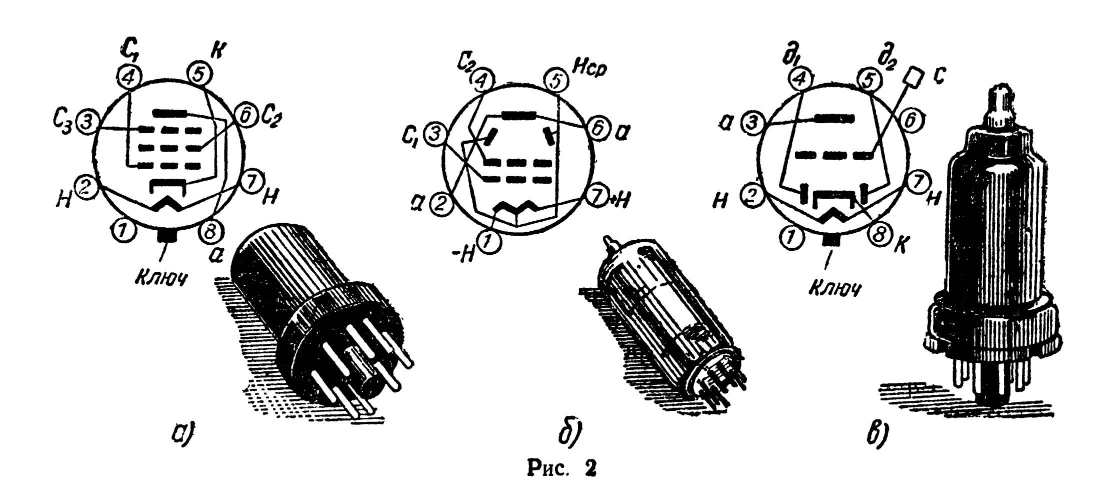


Рис. 2

лампы обязательно есть нить накала, которая показывается дужкой внизу баллона. Следующей необходимой частью лампы является анод, который изображается короткой чертой, помещаемой обычно вверху баллона.

Самая простая по устройству двухэлектродная лампа носит название диода. Такие лампы обычно обозначаются в виде кружка, а не овала.

Значительная часть современных ламп имеет подогревные катоды. Такой катод показывается дужкой над нитью накала.

У большинства электронных ламп, кроме анода и катода, имеется еще сетка, которая изображается пунктирной линией.

Нить накала, подогревный катод, сетка и анод являются основными ламповыми электродами. В настоящее время применяются более сложные лампы, но большинство их представляет собой сочетание этих элементов.

Развитие ламп шло в основном по пути создания комбинированных ламп вроде двойного диод-триода или по пути введения в лампу дополнительных сеток. Лампой с двумя сетками является так называемая экранированная лампа или тетрод, которая во многом превосходит триод. Однако и у нее есть недостатки, для устранения которых пришлось добавить в лампу еще одну сетку — третью по счету. Так получилась лампа с тремя сетками, или пентод,— одна из наиболее распространенных ламп.

В последнее время очень большое распространение получили лучевые тетроды, используемые главным образом для работы в качестве оконечных низкочастотных ламп. Характерной особенностью их условного изображения являются два направляющих электрода, расположенных около анода и соединенных с катодом.

Следует отметить, что в последнее время очень распространено использование двух триодов, входящих в состав комбинированных двойных триодов, в различных частях схемы аппарата. Для того чтобы не отрывать лампу от каскада, в котором она работает, и от деталей, связанных с ней, двойной триод часто показывают в виде двух отдельных половинок. Иногда к такой половинке недостающую часть баллона дорисовывают пунктиром. Так как в схеме аппарата может быть несколько таких половинок, то, чтобы отличить принадлежность половинок к одной лампе, их помечают одинаковым номером. Лампы на схемах обыкновенно обозначают буквой *Л* с соответствующим очередным номером: $Л_1$, $Л_2$ и т. д. Разъединенные половинки двойного триода в таких случаях обозначают одинаково.

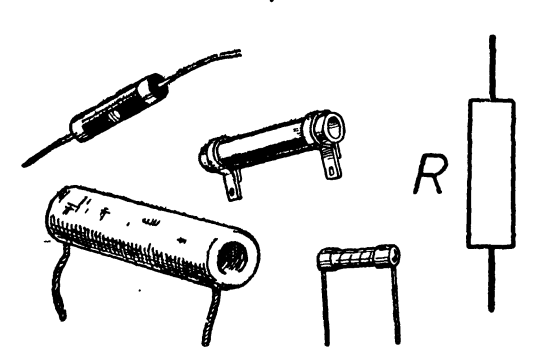
Кроме приемно-усилительных ламп, о которых мы говорили выше, применяются лампы и других типов. К числу их относятся газотроны, тиратроны, неоновые лампы, газовые стабилизаторы тока (бареттеры) и напряжения (стабилитроны), газовые разрядники, фотоэлементы, электронно-лучевые трубки и лампочки накаливания для освещения шкалы в радиоприемниках и в индикаторах включения.

Хотя схематическое изображение электронной лампы и дает полное представление о типе лампы и ее назначении, однако оно все же недостаточно для правильного включения лампы в схему. У электронных ламп довольно много электродов (до восьми), расположены они различными способами, и для правильного включения лампы надо знать, с каким именно электродом лампы соединен тот или иной вывод. Чертеж, показывающий, как распределены выводы электродов лампы, называется ее цоколевкой.

Чертеж цоколевки представляет собой разметку цоколя лампы со вписанным внутрь него схематическим изображением этой лампы. На чертеже показан способ присоединения вы-

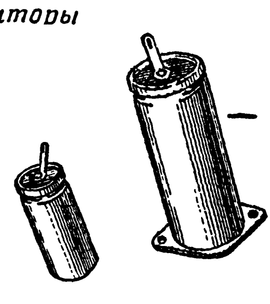
ОБОЗНАЧЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ НА СХЕМАХ





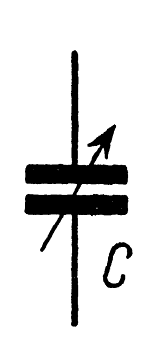


Электролитические конденсаторы



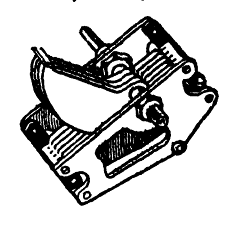
Переменные сопротивления и реостаты накала





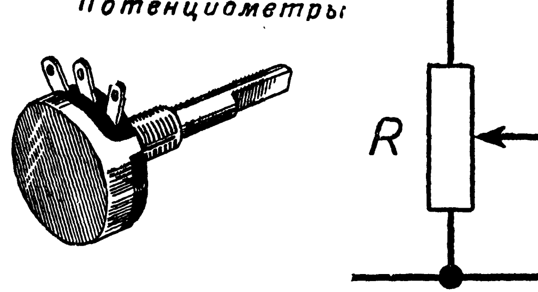
C

Конденсаторы переменной емкости: одинарные,

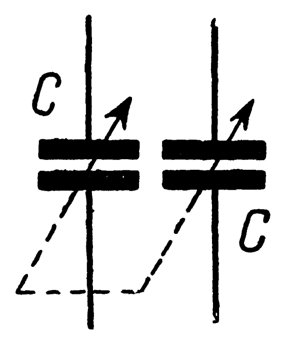


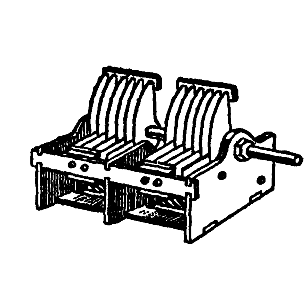
соединенные в агрегаты

Потенциометры

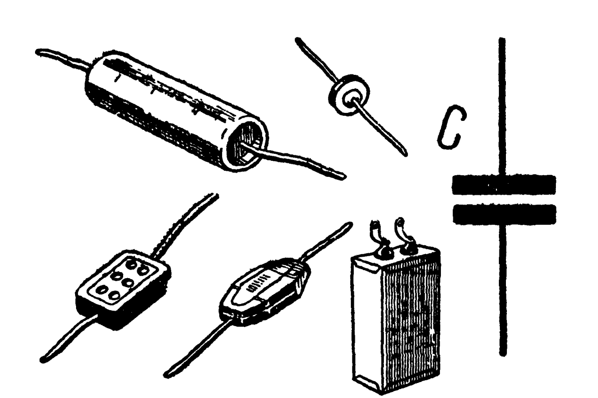


R

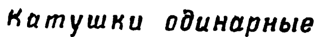




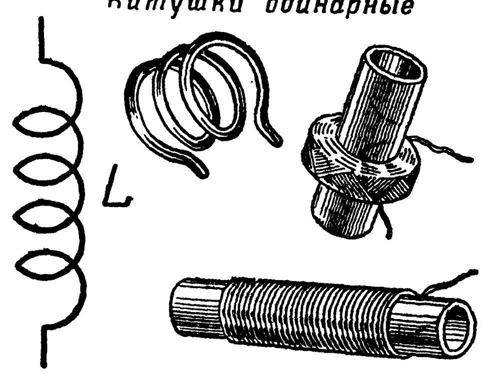
Конденсаторы постоянной емкости

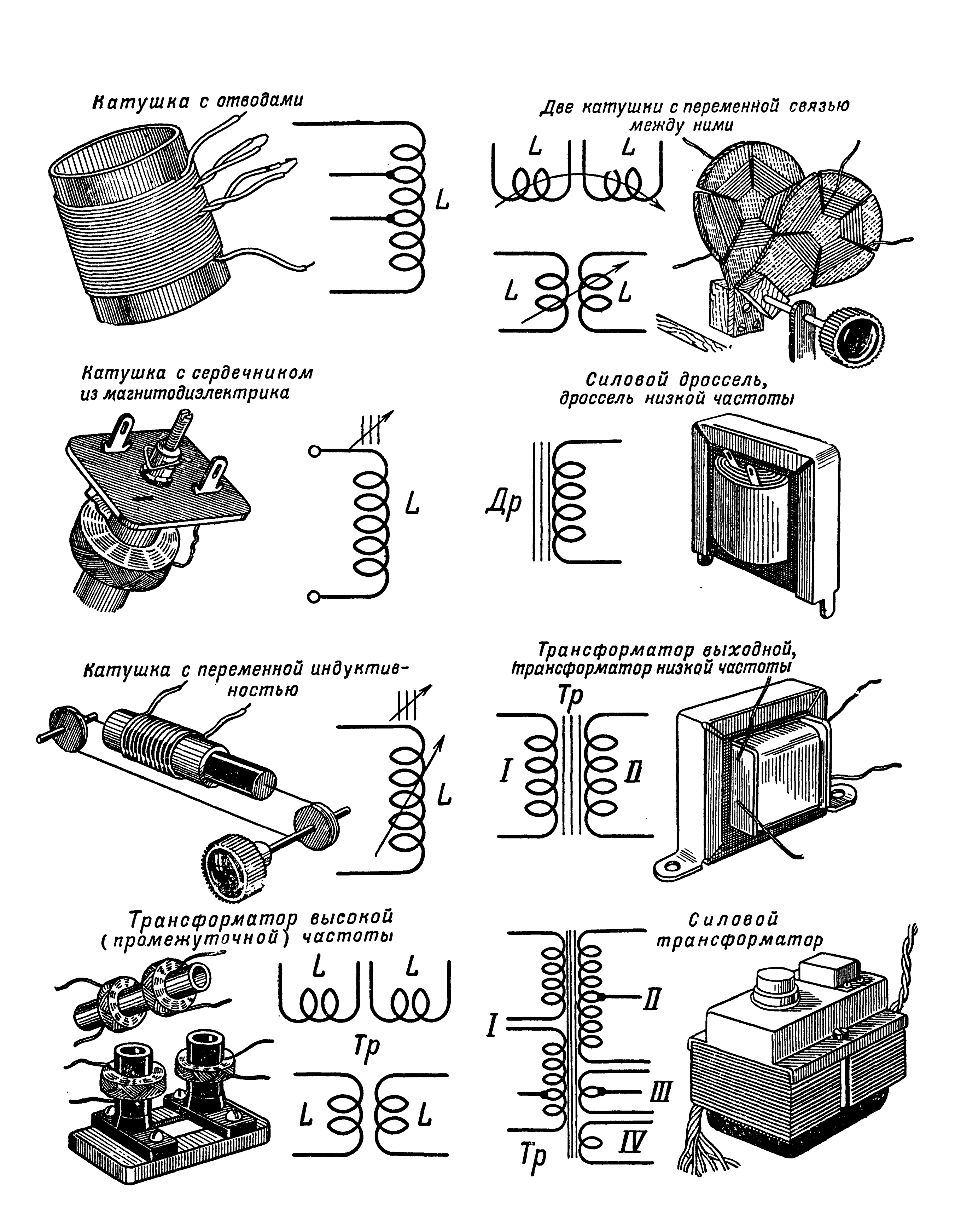


C

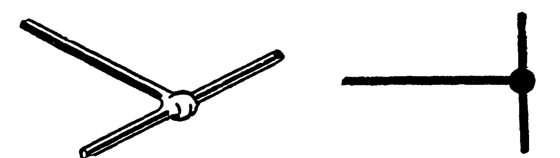


L




Катушка с отводами
L
Две катушки с переменной связью между ними
L
L
L
L
Катушка с сердечником из магнитодиэлектрика
L
Силовой дроссель, дроссель низкой частоты
Др
Катушка с переменной индуктивностью
L
Трансформатор выходной, трансформатор низкой частоты
Тр
I
II
Трансформатор высокой (промежуточной) частоты
L
L
Тр
L
L
Силовой трансформатор
I
II
III
IV
Тр

Соединение проводов

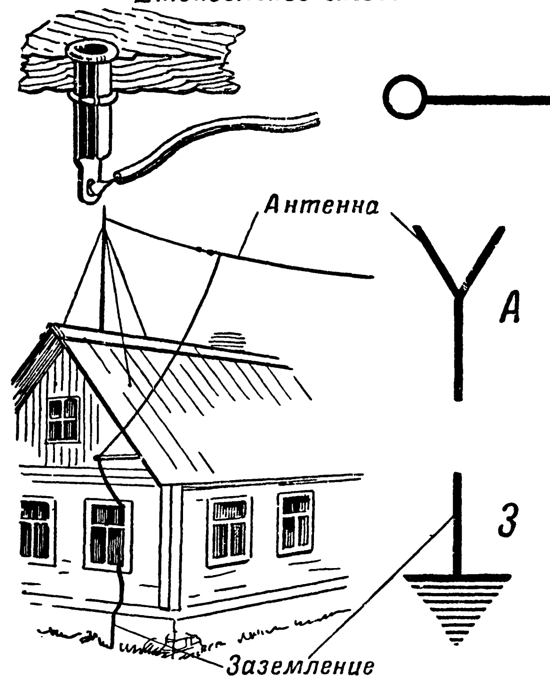


Перекрещивание проводов без соединения

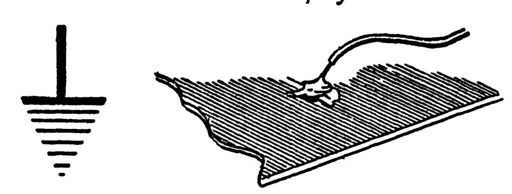




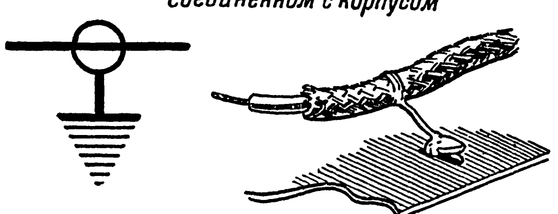
Штепсельное гнездо



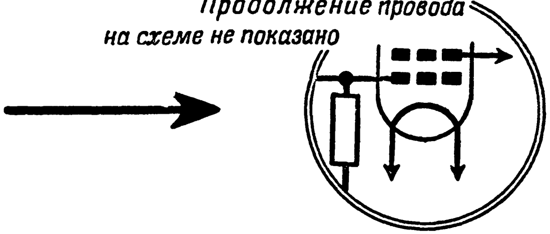
Соединение с корпусом



Провод в экране, соединенном с корпусом



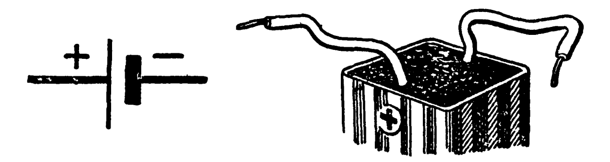
Продолжение провода на схеме не показано



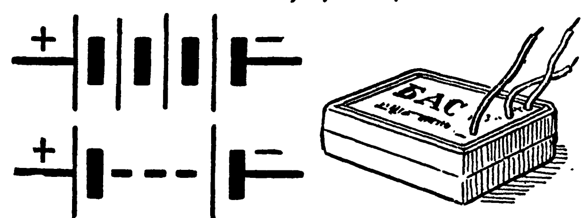
Обозначения:

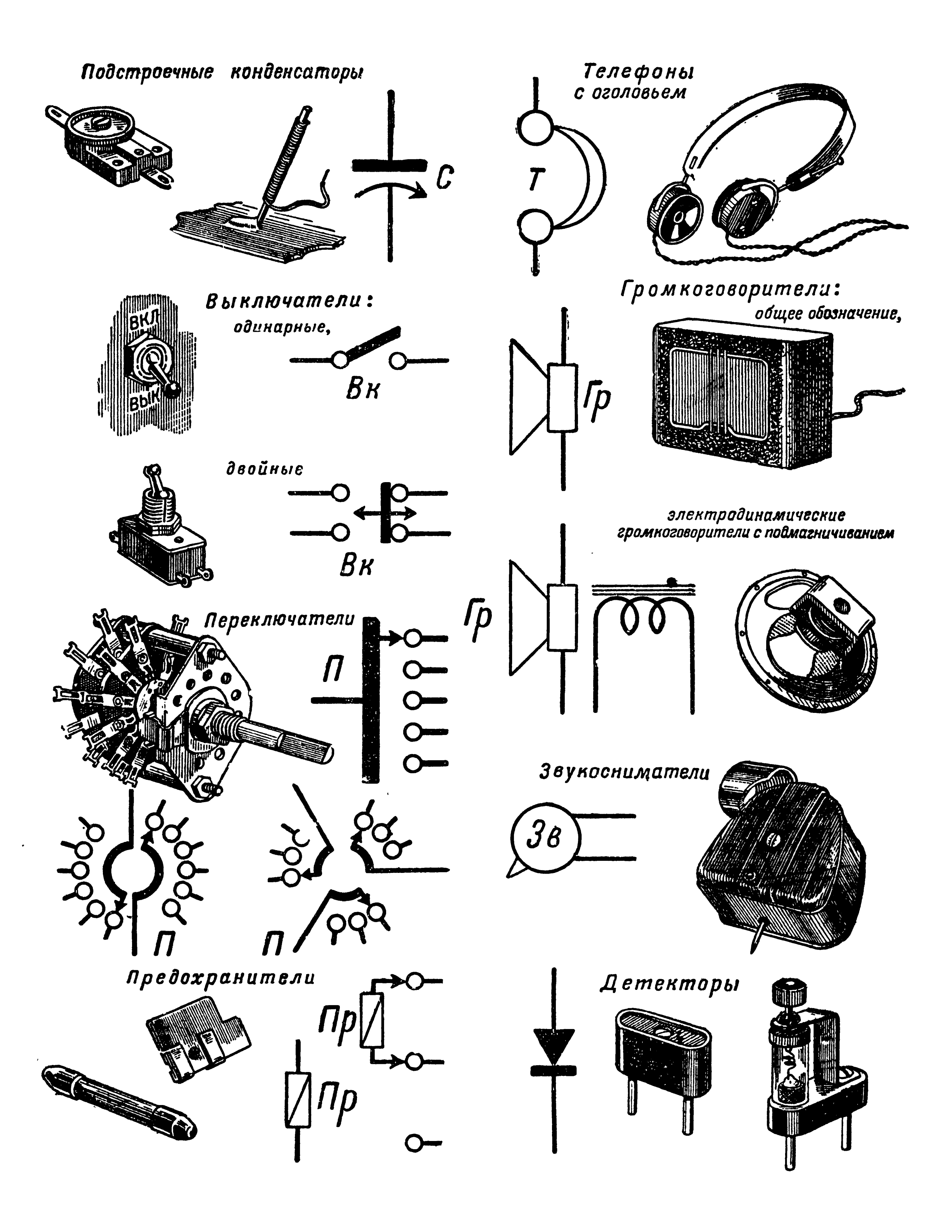
переменный ток ~, постоянный ток =

Гальванический элемент или аккумулятор (с обозначением полярности)



Батарея гальванических элементов или аккумуляторов



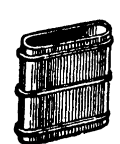
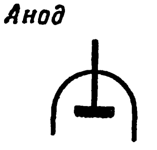

Подстроечные конденсаторы
С
Телефоны
с оголовьем
Т
Выключатели:
одинарные,
ВКЛ
ВЫК
Вк
Громкоговорители:
общее обозначение,
Гр
двойные
Вк
электродинамические
громкоговорители с подмагничиванием
Гр
Переключатели
П
П
П
Звукосниматели
Зв
Предохранители
Пр
Пр
Детекторы

Основные электроды радиоламп

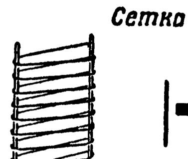
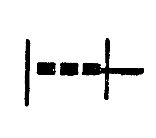
Баллон лампы



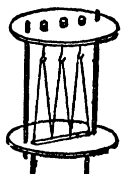
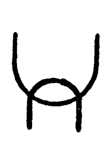
Анод

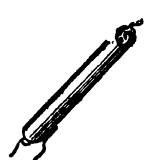
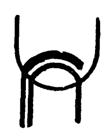
Сетка

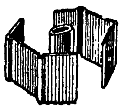
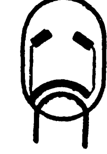
Катод прямого накала

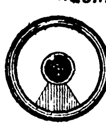
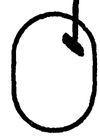
Катод косвенного накала (подогревный)

Экран в лучевой лампе

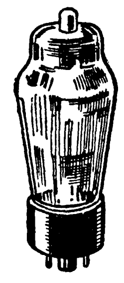
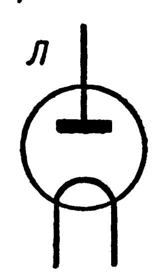



Светящийся экран в оптическом указателе настройки

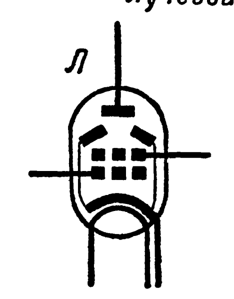



Основные типы радиоламп

Диод или одноанодный кенотрон

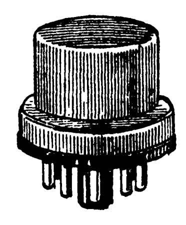
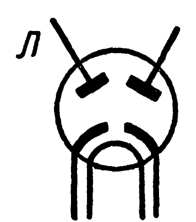



Лучевой тетрод





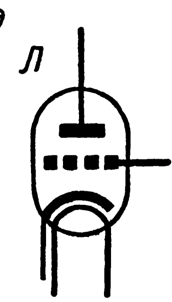
Двойной диод или двуханодный кенотрон с разделенными катодами

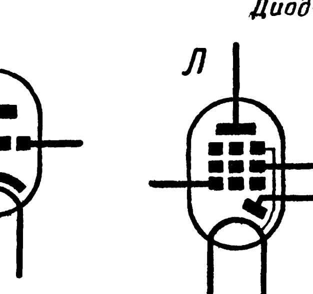
Пентод (антидинатронная сетка соединена с катодом)



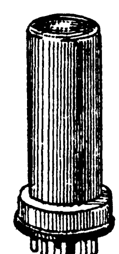
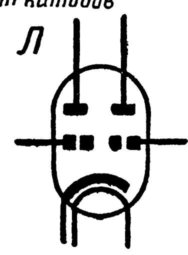
Триод



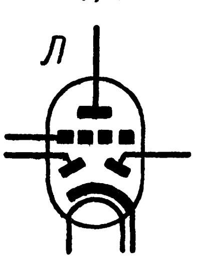
Диод-пентод

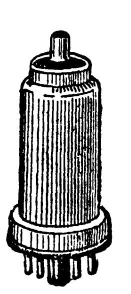


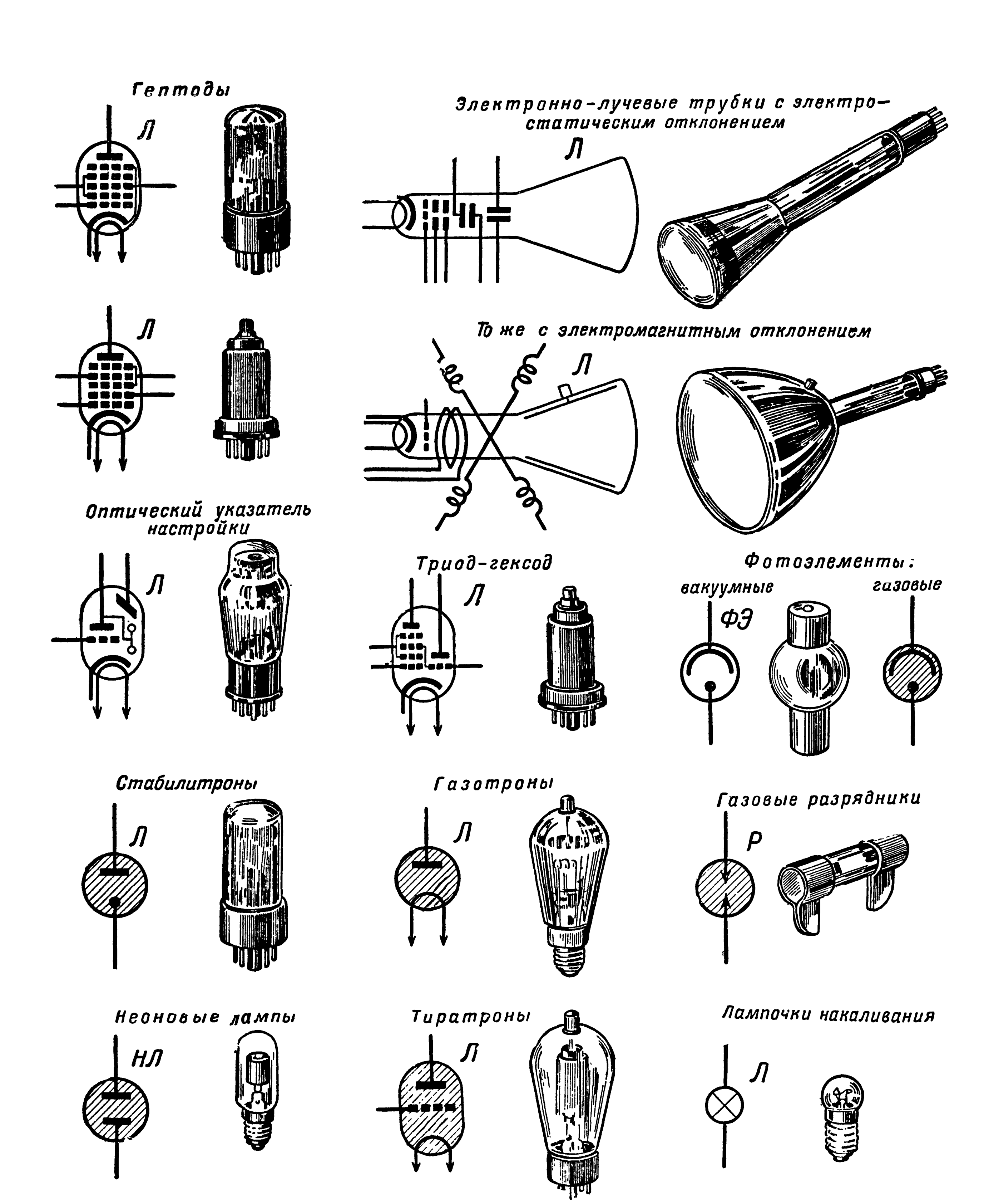
Двойной триод с общим выводом от катодов

Двойной диод-триод






Гептоды
Л
Электронно-лучевые трубки с электро-статическим отклонением
Л
Л
То же с электромагнитным отклонением
Л
Оптический указатель настройки
Л
Триод-гексод
Л
Фотоэлементы:
вакуумные
газовые
ФЭ
Стабилитроны
Л
Газотроны
Л
Газовые разрядники
Р
Неоновые лампы
НЛ
Тиратроны
Л
Лампочки накаливания
Л

водов к штырькам на цоколе.

В качестве примера на рис. 2,*а* приведен чертеж цоколя лампы типа 6К3— высокочастотного пентода. Цоколь этот стандартный, восьмиштырьковый (октальный). В его центре находится направляющий штырь с ключом — выступом, идущим вдоль штыря. В ламповой панели имеется соответствующий круглый вырез для направляющего штыря с пазом для ключа. Наличие направляющего ключа с выступом не дает возможности неправильно установить лампу в панель. На чертеже цоколевки, как видно из рис. 2,*а*, ключ символизируется выступом. Штырьки расположены по кругу, нумерация их идет, начиная от ключа, по часовой стрелке. Чертеж цоколевки всегда соответствует виду на цоколь снизу, со стороны штырьков. Как видно из рисунка, нить накала лампы соединена со штырьками *2* и *7*, катод — со штырьком *5*, анод — со штырьком *8*, сетки со штырьками *3*, *4* и *6*. Штырек *1* соединен с баллоном лампы. Около штырьков часто проставляются буквы, означающие соответствующие электроды. Счет сеток ведется от катода.

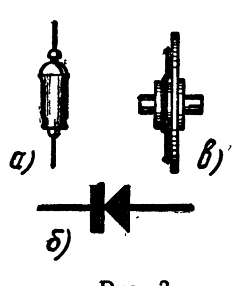



Рис. 3.

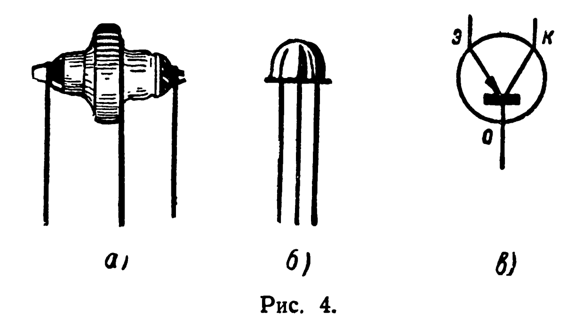


Рис. 4.

Не все лампы имеют направляющие штыри. Не имеют их, например, «пальчиковые» лампы. Для обеспечения правильности их установки в панель выводные штырьки у них расположены несимметрично — в одном месте между соседними штырьками есть увеличенный просвет (рис. 2,*б*). Нумерация штырьков ведется по часовой стрелке от этого просвета.

Некоторые лампы, кроме выводов на цоколе, имеют еще вывод в верхней части баллона, так называемый колпачок. К нему в большинстве случаев бывает присоединена управляющая сетка лампы. На чертеже цоколевки в таких случаях колпачок изображается небольшим прямоугольничком вверху цоколя справа или слева, как показано на рис. 2,*в*, где даны внешний вид и чертеж цоколевки двойного диод-триода.

ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ ВЫПРЯМИТЕЛИ. В качестве выпрямителей переменного тока, кроме электронных ламп — кенотронов, используются полупроводниковые выпрямители, например германиевые диоды (рис. 3,*а*). Схематическое изображение германиевого диода показано на рис. 3,*б*.

Подобным же образом обозначаются на схемах и другого рода полупроводниковые выпрямители: селеновые и купроксные. Один элемент такого выпрямителя, часто называемый шайбой, показан на рис. 3,*в*. Обычно для выпрямления применяют наборы, или «столбики», из многих шайб. Такой столбик изображается на схемах двумя выпрямительными элементами, соединенными пунктирной линией.

Изучение свойств полупроводников (в особенности германиевых и кремниевых) показало, что при определенном устройстве они могут быть использованы не только для выпрямления, но и для усиления переменных токов. Приборы такого рода получили название полупроводниковых триодов. В иностранной литературе они известны под названием транзисторов. В полупроводниковом триоде два контактных перехода. Внешний вид двух наиболее распространенных типов полупроводниковых триодов приведен на рис. 4,*а* и *б*, а схематическое изображение таких триодов — на рис. 4, *в*. Жирная горизонтальная черта в средней части этого изображения означает полупроводниковый кристалл (база или основание *О*), а две линии, отходящие от этой черты под углом кверху,— контактирующие проводники (эмитер *э* и коллектор *к*).

Условные обозначения имеют и остальные детали приемника. Рядом с ними также проставляются присвоенные им буквенные обозначения (например, для переключателя *П*, громкоговорителя *Гр*, телефонных трубок *Т*). На стр. 75 показаны условные обозначения проводов, когда они соединены друг с другом и когда не соединены. Там же дано изображение экранированного провода с заземленной оболочкой, антенны, заземления и гальванических элементов или аккумуляторов.

СХЕМЫ ПРИЕМНИКОВ[1]

Ознакомившись с условными обозначениями, попробуем прочитать две разные по степени сложности принципиальные схемы приемников.

---

[1] «Радио», 1955, № 3.

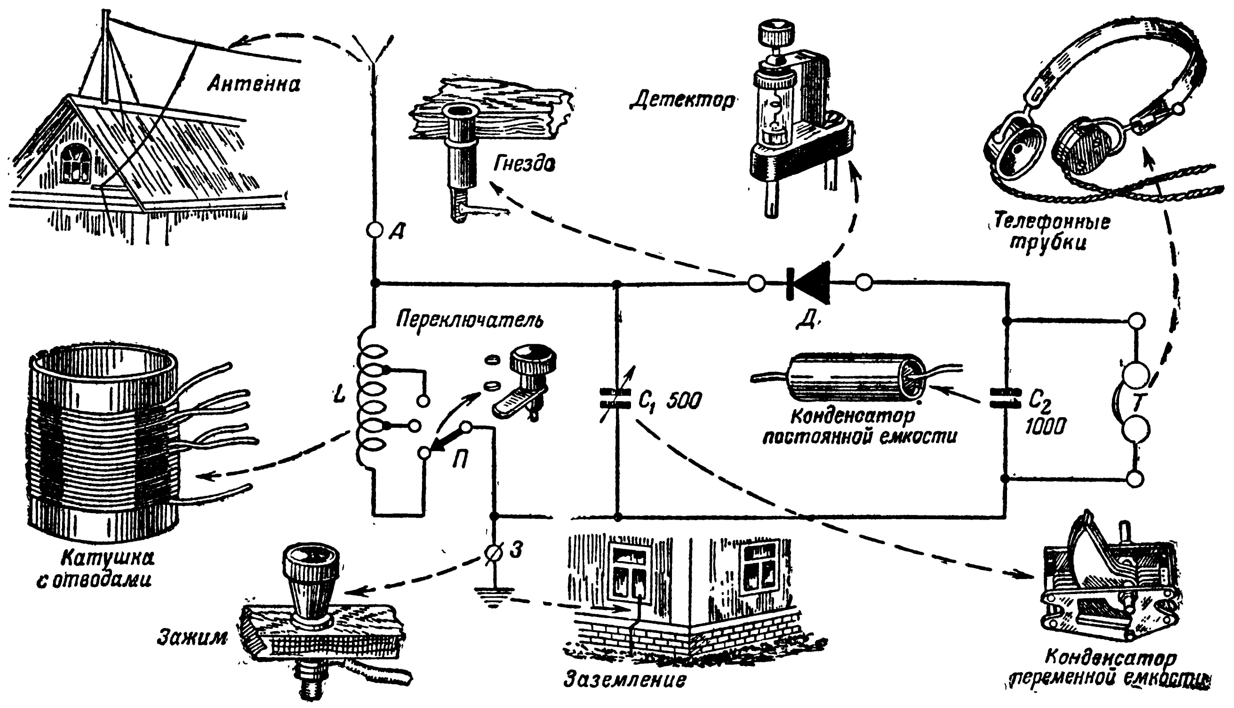


Рис. 1. Схема детекторного приемника.

ДЕТЕКТОРНЫЙ ПРИЕМНИК. Схема детекторного приемника (рис. 1) состоит из двух основных цепей, соединенных друг с другом: цепи колебательного контура и детекторной цепи.

В колебательный контур приемника входят антенна *А*, катушка *L*, переключатель *П*, конденсатор переменной емкости C_1 и заземление *З*. Этот контур служит для настройки приемника на нужную радиостанцию. Грубая настройка производится переключателем *П*, который позволяет включить в схему большее или меньшее число витков катушки *L*, а точная настройка — конденсатором C_1 путем плавного изменения его емкости.

Детекторная цепь состоит из детектора *Д*, телефонных трубок *Т* и конденсатора постоянной емкости C_2. В этой цепи происходят преобразование модулированных колебаний высокой частоты в колебания низкой частоты и преобразование телефонными трубками тока колебаний низкой частоты в звуковые колебания.

ЛАМПОВЫЙ ПРИЕМНИК. Перейдем теперь к схеме более сложного приемника (рис. 2), собранного по схеме прямого усиления.

Рассматривая принципиальную схему приемника, можно заметить, что детали его сгруппированы в отдельные каскады. Обычно каскад состоит из лампы со всеми присоединенными к ней деталями. Деление на каскады значительно облегчает чтение схемы. Чтобы легче было разобраться в схеме лампового приемника, рассмотрим отдельно некоторые из цепей лампового приемника с питанием от батарей.

ЦЕПЬ НАКАЛА. Питание нити накала лампы осуществляется от источника тока. В сетевых приемниках нить накаливается током от электросети (обычно через силовой трансформатор), а в батарейных — от батареи накала (обычно от гальванических элементов или аккумуляторов).

Нить лампы *Л* нагревается током от батареи накала *Б* (рис. 3), соединенной с ней через переменное сопротивление (реостат). С помощью реостата устанавливают, а в дальнейшем при уменьшении напряжения батареи поддерживают нормальный ток накала лампы. Отключение батареи накала от нити производится обычно с помощью того же реостата в одном из крайних положений его подвижного контакта.

ЦЕПЬ УПРАВЛЯЮЩЕЙ СЕТКИ. Рассмотрим цепь управляющей сетки лампы детекторного каскада (рис. 4).

Катушка индуктивности L и соединенный с ней параллельно конденсатор переменной емкости C_1 образуют колебательный контур, являющийся элементом настройки приемника. Этот контур соединен с управляющей сеткой лампы $Л$ через конденсатор C_2. Последний вместе с сопротивлением R (сопротивление утечки сетки), включенным между сеткой и одним из концов нити накала лампы, обеспечивает необходимый режим для работы лампы в качестве детектора.

АНОДНАЯ ЦЕПЬ. Анодная цепь этого же каскада (рис. 5) образована промежутком между нитью накала и анодом лампы $Л$, телефонными трубками T и анодной батареей $Б_a$, которая питает анодную цепь приемника.

В анодной цепи лампы течет пульсирующий ток, содержащий постоянную, низкочастотную и высокочастотную составляющие. Низкочастотная составляющая тока проходит через телефонные трубки и преобразуется ими в звуковые колебания. Конденсатор C, соединенный параллельно с телефонными трубками, пропускает высокочастотную составляющую анодного тока лампы.

ЦЕПЬ ЭКРАННОЙ СЕТКИ. Режим работы лампы зависит от напряжения, подводимого к ее экранной сетке. Напряжение на экранную сетку лампы в приведенной схеме (рис. 6) подается от анодной батареи, с положительным полюсом которой она соединена через сопротивление R. Это сопротивление служит для понижения напряжения.

Экранная сетка, кроме того, соединена с нитью накала через конденсатор C, который служит для того, чтобы на ней не возникало переменное напряжение под действием переменной составляющей тока экранной сетки.

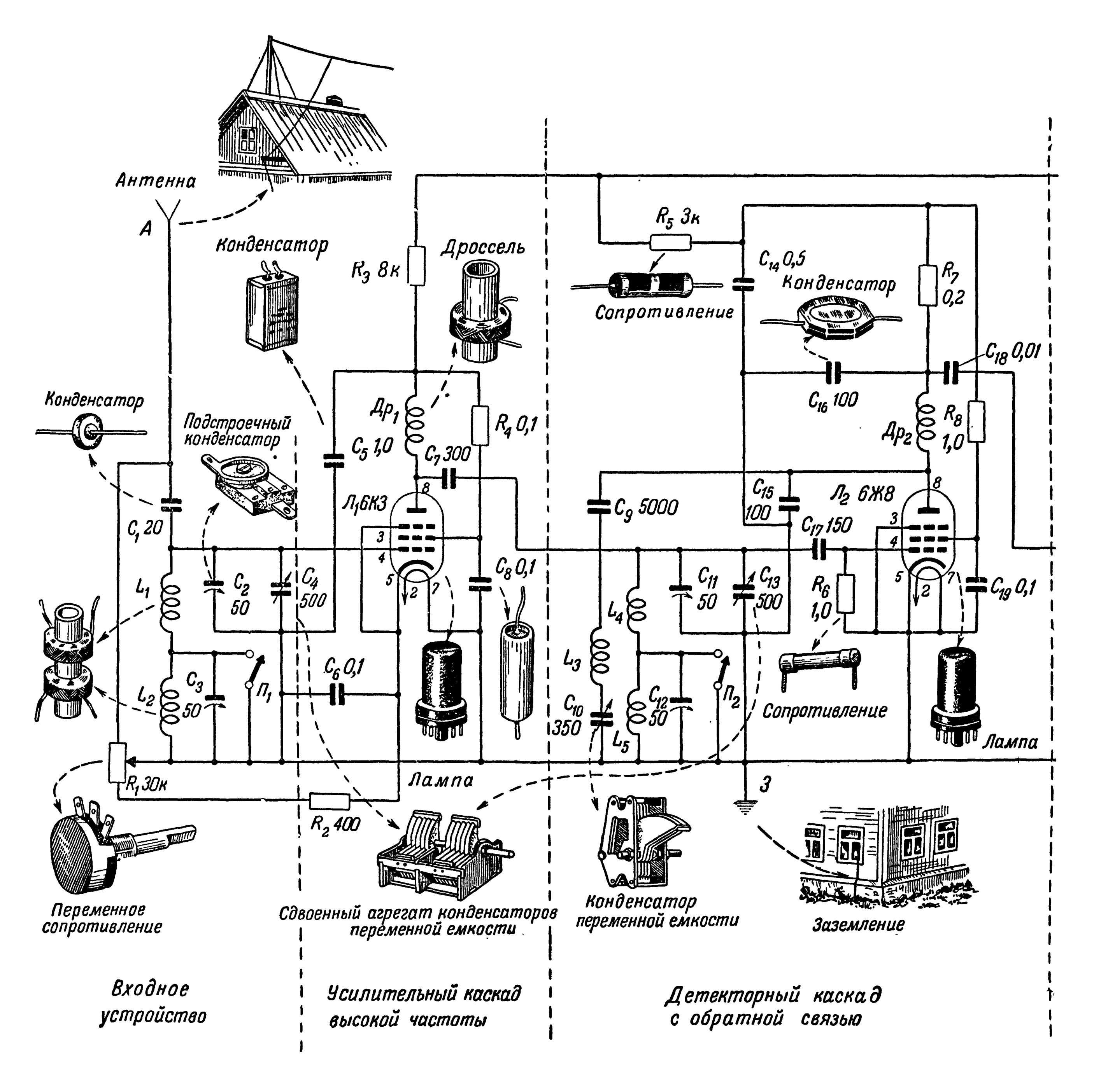
Теперь вернемся к схеме лампового приемника с питанием от сети переменного тока (рис. 2).

Рассматриваемый приемник содержит входное устройство — каскад усиления высокой частоты для усиления принятых колебаний; для выделения из них токов звуковой частоты служит детекторный каскад; каскад низкой частоты усиливает звуковые колебания; напряжение питания подается от лампового выпрямителя.

В каскаде усиления высокой частоты работает лампа $Л_1$ типа 6К3 (пентод). Колебания от антенны через конденсатор связи C_1 (который ослабляет влияние емкости антенны на настройку) поступают в зависимости от положения переключателя $П_1$ на контур L_1, C_2, C_4 (средневолновый диапазон) или на контур L_1, L_2, C_2, C_3, C_4 (длинноволновый диапазон) входного устройства. Сопротивление R_1 (регулятор громкости) включено так, что оно одновременно шунтирует контур и регулирует напряжение смещения на управляющей сетке лампы $Л_1$, изменяя ее усиление. Напряжение смещения образуется на сопротивлениях R_1, R_2 за счет проходящих через них токов анода и экранной сетки лампы. Конденсатор C_6 шунтирует эти сопротивления для токов высокой частоты. Выделенные контуром колебания усиливаются лампой. Включенный в анодную цепь лампы дроссель $Др_1$ преграждает путь усиленным высокочастотным колебаниям, а конденсатор C_7 пропускает их в следующий каскад. Сопротивление R_3, через которое на анод лампы подается напряжение от выпрямителя, и конденсатор C_5 образуют развязывающий фильтр, повышающий устойчивость работы приемника. Питание экранной сетки лампы осуществляется через сопротивление R_4. Конденсатор C_8 шунтирует цепь экранной сетки лампы для токов высокой частоты.

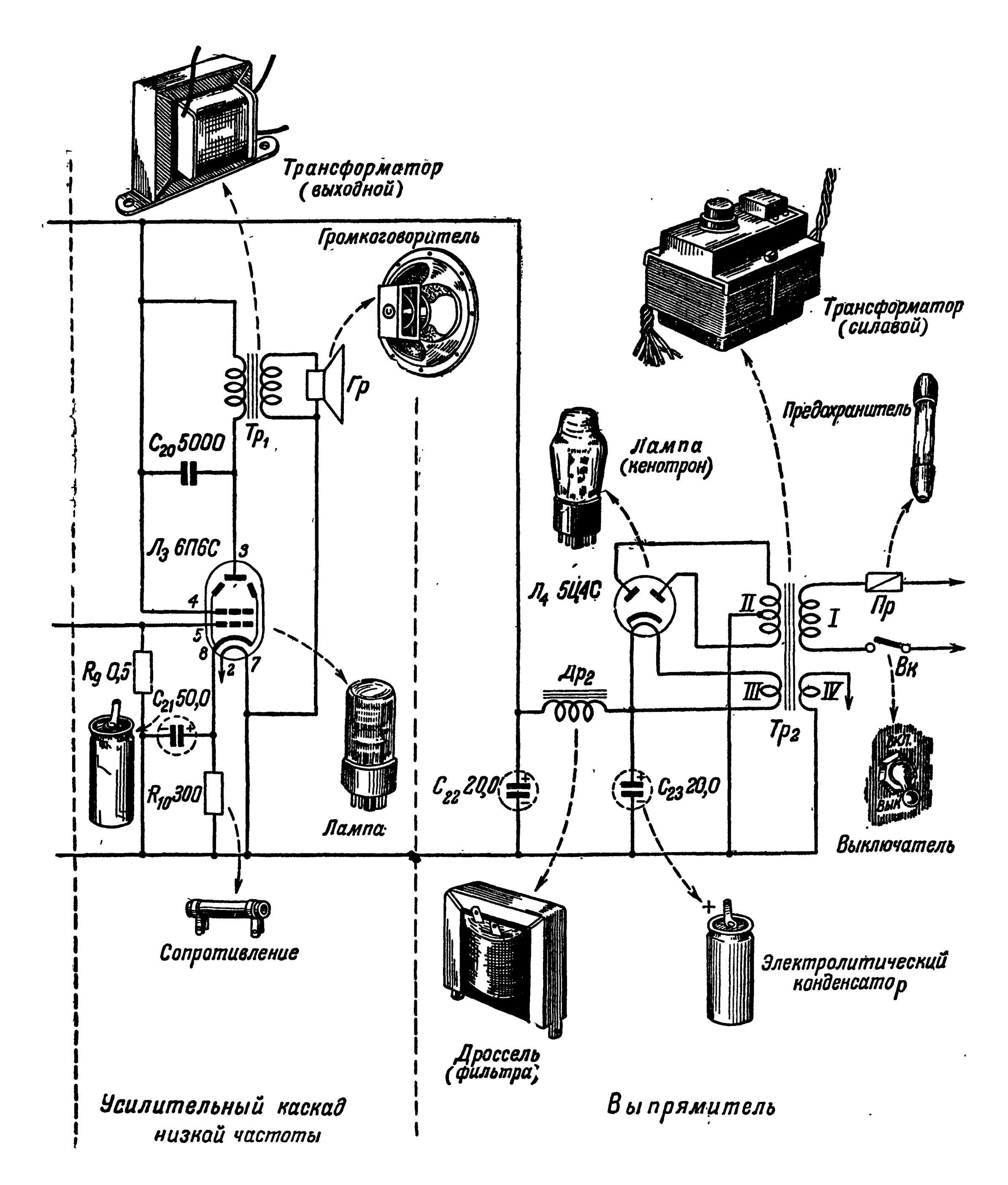
В детекторном каскаде работает лампа $Л_2$ типа 6Ж8 (пентод). Колебания высокой частоты, снимаемые с анода лампы $Л_1$, через конденсатор C_8 поступают на контур L_4, L_5, C_{11}, C_{12}, C_{13}, $П_2$, подобный контуру предыдущего каскада. Выделенные этим контуром колебания через конденсатор C_{17} подаются на управляющую сетку лампы, в цепи которой включено сопротивление R_6. Здесь происходит детектирование высокочастотных колебаний, в результате чего получается пульсирующий ток с низкочастотной и высокочастотной составляющими, который затем усиливается той же лампой. Дроссель $Др_2$ в анодной цепи лампы не пропускает ток высокой частоты, поэтому он направляется в цепь C_9, C_{10}, C_{15}. Проходя через катушку L_3, индуктивно связанную с катушками L_4 и L_5, этот ток создает положительную обратную связь между анодной и сеточной цепями лампы, что дает дополнительное усиление. Величина обратной связи регулируется конденсатором переменной емкости C_{10}.

Ток низкой частоты свободно проходит через дроссель $Др_2$ и затем разветвляется на сопротивление R_7 и на цепь C_{18}, R_9 следующего каскада. Конденсатор C_{16} шунтирует участок анодной цепи после дросселя для токов высокой частоты. Цепи R_5, C_{14} и R_8 C_{19} по своему назначению и действию аналогичны цепям R_3, C_5 предыдущего каскада.



Антенна
А
Конденсатор
Дроссель
R3 8к
Сопротивление
R5 3к
C14 0,5
Конденсатор
R7 0,2
C18 0,01
Конденсатор
Подстроечный конденсатор
Др1
C5 1,0
R4 0,1
C7 300
C16 100
Др2
R8 1,0
C15 100
Л2 6Ж8
C9 5000
Л1 6К3
C1 20
C17 150
L1
C2 50
C4 500
C8 0,1
C11 50
C13 500
R6 1,0
C19 0,1
L4
L2
C3 50
П1
C6 0,1
L3
C10 350
C12 50
П2
Сопротивление
L5
Лампа
R1 30к
Лампа
З
R2 400
Переменное сопротивление
Сдвоенный агрегат конденсаторов переменной емкости
Конденсатор переменной емкости
Заземление
Входное устройство
Усилительный каскад высокой частоты
Детекторный каскад с обратной связью

Рис. 2. Схема



лампового радиоприемника

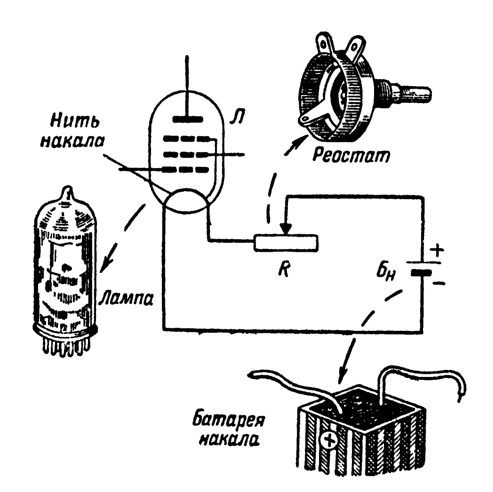


Рис. 3. Схема цепи накала лампы.

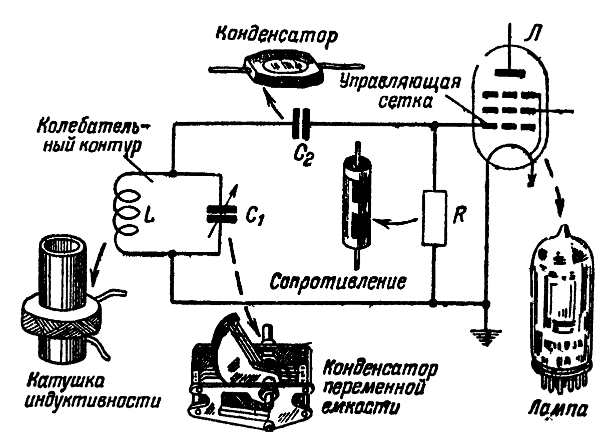


Рис. 4. Схема цепи управляющей сетки лампы.

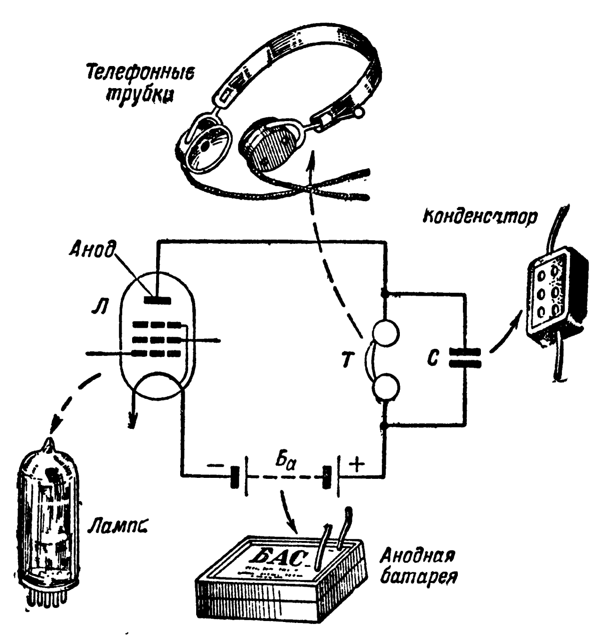


Рис. 5. Схема анодной цепи лампы.

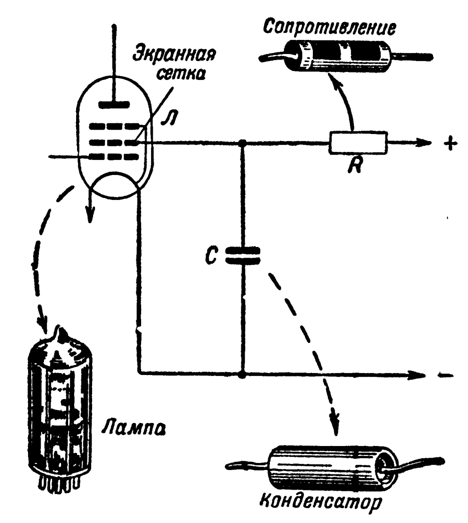


Рис. 6. Схема цепи экранной сетки лампы.

В каскаде усиления низкой частоты (выходном) работает лампа $Л_8$ типа 6П6С (тетрод). Усиленные этой лампой колебания низкой частоты подаются через трансформатор $Тр_1$ к громкоговорителю *Гр*, который и преобразует их в звуковые колебания. Конденсатор C_{20} шунтирует (главным образом на высоких звуковых частотах) анодную цепь лампы, что улучшает качество звучания. Сопротивление R_{10} служит для получения отрицательного смещения на управляющую сетку лампы, а конденсатор C_{21} шунтирует это сопротивление для токов низкой частоты.

Выпрямитель работает по двухполупериодной схеме на лампе $Л_4$ типа 5Ц4С (кенотрон).

МОНТАЖНЫЕ СХЕМЫ[1]

Принципиальная схема является основным документом, дающим полную характеристику радиоприемника. По ней можно судить о назначении аппарата, его возможностях. Из принципиальной схемы можно почерпнуть много нужных сведений. Она показывает, какие лампы и детали применены в данном аппарате и как они соединены между собой.

Но принципиальная схема не дает никаких указаний ни о самой конструкции, ни о внешнем оформлении аппарата.

Эти вопросы решает по своему усмотрению конструктор, руководствуясь общими правилами конструирования и монтажа, производственными возможностями, наличием материалов и радиодеталей, стоимостью приемника и т. д.

Можно создать десятки приемников, которые по внешнему виду и конструкции будут

[1] По разным источникам.

отличаться друг от друга, но по своей принципиальной схеме и электрическим качествам они будут представлять собой один и тот же приемник.

На радиозаводах и в радиолюбительской практике (особенно среди начинающих радиолюбителей) пользуются распространением кроме принципиальных еще и монтажные схемы.

Монтажная схема — это рабочий чертеж, являющийся как бы фотографическим изображением всего монтажа, радиоприемника или другого какого-либо аппарата (усилителя, измерительного прибора).

На ней даются не только изображение и размеры каждой детали аппарата, но и порядок их размещения и взаимного расположения на шасси, а также подлинное расположение всех соединительных проводников схемы.

По существу монтажная схема представляет собой рисунок шасси, выполненный в нескольких проекциях, на котором показаны все детали и соединения между ними.

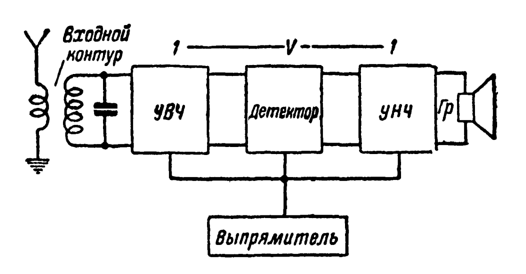
Таким образом, монтажная схема дает точное отображение конструкции аппарата и поэтому по ней его можно скопировать.

Мы здесь не приводим монтажной схемы, но рекомендуем познакомиться с ней на стр. 80 при описании двухлампового батарейного приемника.

БЛОК-СХЕМЫ[1]

В заключение несколько слов скажем о блок-схемах или, как их называют, скелетных схемах. Они употребляются в тех случаях, когда нужно дать лишь общее представление о схеме.

На блок-схемах прямоугольниками или кружками изображаются отдельные крупные



Блок-схема радиоприемника.

блоки схемы, которые соединяются между собой линиями, символизирующими порядок и последовательность соединения их друг с другом. Поэтому не следует полагать, что соединительная линия в блок-схеме означает один провод. Иногда одна линия олицетворяет собой целую систему соединений. В прямоугольниках, означающих блоки-схемы, делаются пояснительные надписи. Иногда в них проставляются условные обозначения основных деталей блока, например ламп, контуров, трансформаторов.

Для примера преобразуем в блок-схему принципиальную схему приемника с питанием от сети (см. стр. 82). В особых пояснениях эта схема не нуждается. Надписи на всех основных блоках говорят об их основных функциях.

[1] По разным источникам.

ЛИТЕРАТУРА

Книги

Г. М. Давыдов, В. В Шипов, Учитесь читать радиосхемы. Связьиздат, 1954.

Л. В. Кубаркин, Азбука радиосхем (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1956.

Статьи

Ф. Олюкин, Как прочитать схему радиоприемника, «Радио», 1955, № 3.



ГЛАВА ПЯТАЯ

ДЕТЕКТОРНЫЙ ПРИЕМНИК

ПЕРВЫЕ РАДИОЛЮБИТЕЛЬСКИЕ ДЕТЕКТОРНЫЕ ПРИЕМНИКИ [1]

За годы развития советского радиолюбительства в наших радиолюбительских журналах описано около ста различных конструкций самодельных детекторных приемников.

В этом обилии конструкций нет ничего удивительного. Детекторный приемник дешев, не требует источников питания, дает очень чистый и уверенный прием наших мощных радиостанций и поэтому он является не только желанным гостем в доме сельского радиолюбителя, но и первой конструкцией начинающих радиолюбителей в городе и обязательной практической работой в каждом радиокружке.

Но у детекторного приемника имеются существенные недостатки. Он не обеспечивает приема дальних радиостанций. Самые мощные радиостанции слышны на детекторный приемник не далее чем на расстоянии 600—800 *км* даже при наличии очень высокой приемной антенны. Прием с помощью детекторного приемника можно производить лишь на телефонные трубки. Во время приема на детекторный приемник трудно выделить передачу одной из нескольких близко расположенных радиостанций так, чтобы остальных не было слышно.

Однако простота его устройства, несложность в обращении и главное, что он работает только за счет принятого сигнала, являются существенными достоинствами детекторного приемника.

Детекторные приемники до сих пор не утратили своего значения для радиофикации страны. Наоборот, в районах, где еще не прошла электрификация, они получают большое распространение. Достаточно сказать, что в Омской области с июня 1949 по май 1951 г. установлено 63 000 детекторных радиоприемников в домах колхозников.

В истории развития советского радиолюбительства первые детекторные приемники сыграли большую роль. С них началась практическая, конструкторская деятельность многих тысяч энтузиастов радиотехники.

ПРИЕМНИК ОГАНОВА. Первым приемником советских радиолюбителей считается детекторный радиоприемник конструкции инж. Н. И. Оганова, описанный в первом номере журнала «Радиолюбитель», вышедшем 15 августа 1924 г.

Схема и общий вид этого приемника показаны на рис. 1.

Приемник имеет следующие детали: катушку L, состоящую из двух равных частей, два конденсатора постоянной емкости C и $C_б$ и детектор $Д$.

Катушка наматывается на болванке или бутылке диаметром 8 *см* проволокой диаметром 0,5 ÷ 0,8 *мм*, имеющей любую изоляцию. Обе половины катушки наматываются на некотором расстоянии друг от друга в одном направлении. При переходе с одной катушки на другую надо оставить запас провода в 3—5 *см*. По окончании намотки одна половина катушки снимается с болванки и обматывается для прочности ниткой или изоляционной лентой. Затем также поступают со второй половиной катушки.

Для станций длинноволнового диапазона обе половины катушки должны иметь по 60, а для средних волн по 20 витков. При работе

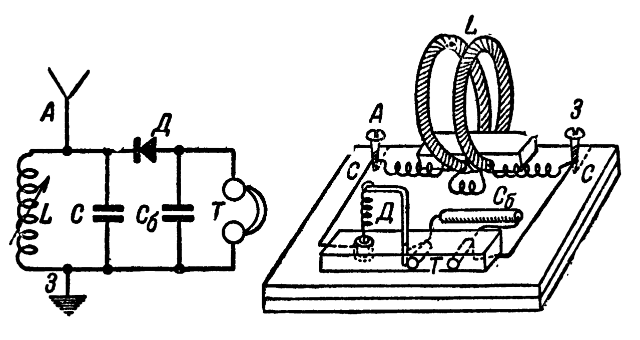


Рис. 1. Схема и общий вид приемника Оганова.

[1] По разным источникам.

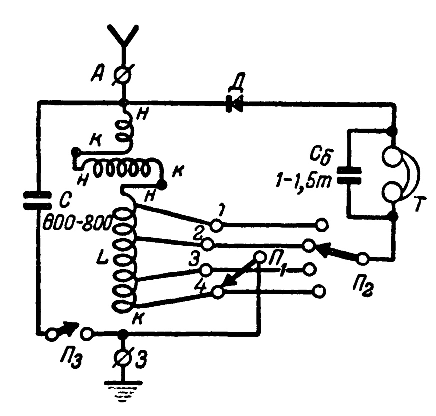


Рис. 2. Принципиальная схема приемника Шапошникова.

с антенной средних размеров (длиной 20—30 *м* и высотой 8—10 *м*) емкость конденсатора *С* берется от 190 до 600 *пф*. Наименьшая емкость соответствует волне 250 *м* для средневолнового и 650 *м* для длинноволнового диапазона. Емкость 600 *пф* дает соответственно волны 800 и 1 700 *м*.

Блокировочный конденсатор $С_{б}$ имеет емкость примерно 1 500 *пф*.

После изготовления приемника к нему присоединяют антенну *А*, заземление *З*, включают телефонные трубки *Т* и затем отыскивают чувствительную точку на детекторе *Д*. Услышав работу станции, подстраиваются на нее путем сближения или удаления катушек.

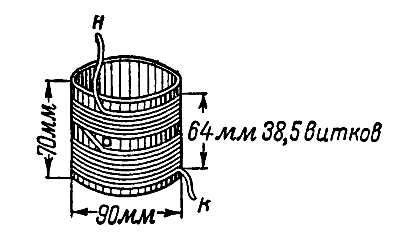
ПРИЕМНИК ШАПОШНИКОВА. Этот приемник впервые был описан в журнале «Радиолюбитель» № 7 за 1924 г. под названием «Самодельный приемник с диапазоном волн от 330 до 1 500 *м*».

Приемник конструкции инж. С. И. Шапошникова с честью выдержал испытание в течение четверти века. Он неоднократно описывался в различных технических журналах, переделывался в ламповый, объединялся с усилителем низкой частоты. Его описание издавалось отдельными брошюрами, в виде плакатов и приводится почти во всех книжках, посвященных детекторным приемникам.

Популярность этого приемника вполне заслуженная. В нем удачно сочетаются хорошие электрические качества с простотой изготовления и поэтому он до сих пор имеет большое распространение среди радиолюбителей.

Настройка в приемнике осуществляется изменением индуктивности: грубая с помощью ползункового переключателя, а плавная — вариометром.

Многие радиолюбители начинали свой конструкторский путь в радиотехнике именно с этого приемника.



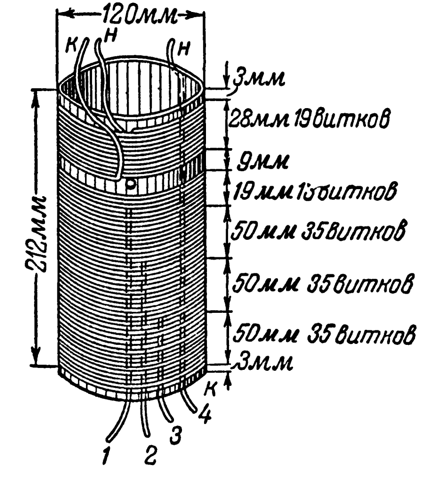


Рис. 3. Устройство и данные катушек приемника Шапошникова.

Схема приемника приведена на рис. 2. В этой схеме *L* — вариометр (описание дано ниже), $С_{б}$ — конденсатор контура емкостью 600—800 *пф*, $С_{б}$ — блокировочный конденсатор емкостью 1 000—1 500 *пф*, $П_1$ — переключатель настройки, $П_2$ — переключатель связи с детектором, $П_3$ — выключатель конденсатора *С*, *Т* — телефонные трубки, *Д* — детектор.

Вариометр *L* состоит из двух катушек, из которых меньшая вращается внутри большой. Катушки соединены между собой последовательно. Для намотки катушек употребляется провод в бумажной изоляции, имеющий диаметр вместе с оплеткой около 1,5 *мм*. Способ намотки катушек и их размеры показаны на рис. 3. Ось для вращения малой катушки деревянная, причем вдоль нее делаются канавки для вывода проводников *н* (начало) и *к* (конец) малой катушки.

Эти выводы сначала пропускают внутрь каркаса подвижной катушки и затем пропускают один конец через одно, а второй через другое отверстие для оси. После этого подвижную катушку вкладывают внутрь неподвижной и провод *н* обмотки продевают через верхнее отверстие большой катушки, а провод *к*—через нижнее отверстие, после чего через все четыре отверстия пропускают ось. Последнюю приклеивают к подвижной катушке столярным

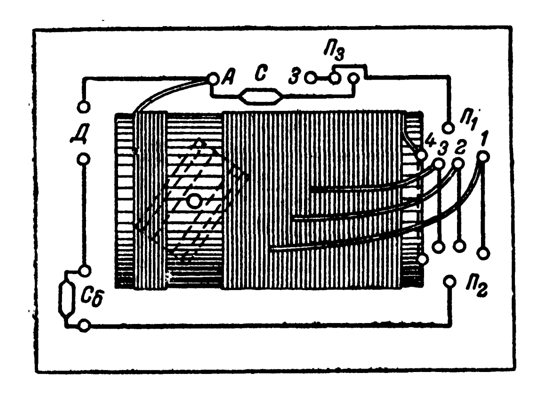


Рис. 4. Монтажная схема приемника Шапошникова.

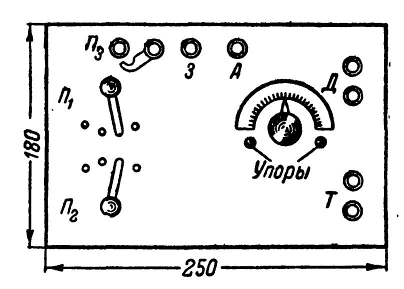


Рис. 5. Примерное расположение деталей на крышке приемника Шапошникова.

клеем и аккуратно закладывают выводы в канавки оси. Подвижная катушка должна легко вращаться внутри большой, не задевая ее стенок. Выводы подвижной катушки соединяют с выводами неподвижной в соответствии со схемой рис. 2. Для соединения выводов требуется гибкий провод, так как иначе от частых перегибов при вращении катушки проводники быстро ломаются.

Изготовленная катушка укрепляется на внутренней стороне лицевой панели приемника. Крепление делается при помощи двух картонных полосок.

Для предохранения концов подвижной катушки от перекручивания необходимо установить упоры, которые не должны допускать вращение ручки этой катушки более чем на половину окружности (180°).

Монтажная схема приемника изображена на рис. 4, а примерное расположение деталей на панели приемника сверху приведено на рис. 5.

Изготовление детекторного приемника — это первая ступень радиолюбительства. Изучая устройство и принцип работы детекторного приемника и его основных деталей, знакомясь попутно с устройством антенны и заземления, начинающий радиолюбитель приобретает необходимые знания для перехода к ознакомлению с ламповым приемником.

СХЕМЫ С ФИКСИРОВАННОЙ НАСТРОЙКОЙ[1]

На детекторный приемник редко удается принять хорошо и уверенно более трех станций. Поэтому вполне достаточно рассчитать его на прием трех, а для многих районов двух и даже одной станции. При этом можно построить очень простой приемник. Настройку его на каждую выбранную станцию можно произвести тогда только один раз при его установке, зафиксировав ее раз и навсегда, а перестройку приемника с одной станции на другую осуществлять простым переключателем. Все это значительно упрощает обращение с приемником и всегда обеспечивает точность его настройки.

Простейшая схема детекторного приемника, рассчитанного на прием одной станции, показана на рис. 1.

Приемный контур такого приемника состоит из антенны *А*, заземления *З* и включенной между ними катушки *L*. Индуктивность катушки и антенны и емкость между антенной и заземлением (собственная емкость антенны) образуют колебательный контур. Вследствие того, что индуктивность и емкость контура постоянны, последний всегда настроен только на одну какую-либо волну. Если при этом элементы контура подобраны так, что настройка его совпадает с волной какой-то, недалеко расположенной передающей станции, то построенный по такой схеме приемник будет принимать только эту станцию.

Соединенные последовательно друг с другом детектор *Д* и телефонная трубка *Т* совместно с блокировочным конденсатором $C_б$ образуют детекторную цепь приемника. Подключенная к концам катушки *L* эта цепь постоянно связана с приемным контуром.

Рассмотренная нами схема представляет большой практический интерес для радиолюбителей, проживающих на территории, где на

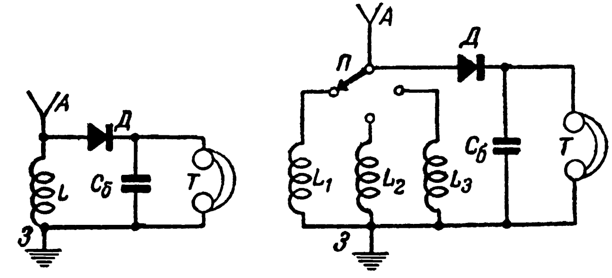


Рис. 1. Схема детекторного приемника на одну радиостанцию.

Рис. 2. Схема приемника на три станции с отдельными катушками.

[1] Ф. И. Тарасов, Детекторные приемники и усилители, Госэнергоиздат, 1950.

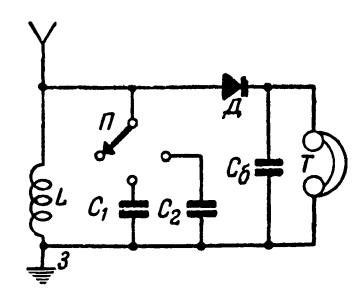


Рис. 3. Схема приемника с отдельными конденсаторами.

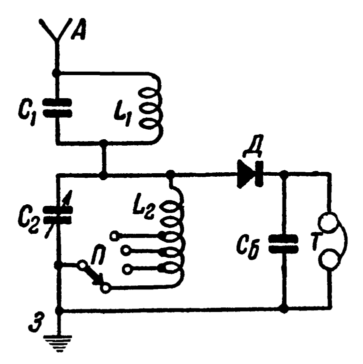


Рис. 4. Схема приемника с фильтром.

детекторный приемник возможен прием только лишь одной вещательной станции.

При возможности приема на детекторный приемник нескольких хорошо слышимых в данной местности вещательных станций можно рекомендовать приемники с постоянной, фиксированной настройкой именно на эти станции.

Схема детекторного приемника с фиксированной настройкой на несколько станций показана на рис. 2. В ней применены три отдельные катушки L_1, L_2 и L_3. Каждая из катушек рассчитана на прием одной радиостанции и включается в схему переключателем *П*. Наличие отдельных катушек в приемнике несколько усложняет его устройство, но зато это представляет известные удобства при его налаживании.

Перестройку приемного контура с одной станции на другую в приемнике с фиксированной настройкой можно осуществить также изменением емкости контура путем подключения соответствующего конденсатора так, как это показано на рис. 3. В построенном по такой схеме приемнике используется одна катушка L, рассчитанная на прием выбранной станции с наиболее короткой волной. Конденсаторы C_1 и C_2, рассчитанные для других станций с более длинной волной, переключателем *П* включаются поочередно к контуру при переходе на прием этих станций.

Помехи со стороны других станций во время приема на детекторный приемник нужной станции наблюдаются довольно часто. При этом обычно мешает какая-то одна, чаще всего близкая по волне мощная станция. Наиболее надежным способом отстройки от такой мешающей станции считается применение в приемнике специального устройства, называемого фильтр-пробкой.

Схема детекторного приемника с фильтром показана на рис. 4. Фильтр, составленный из катушки L_1 и конденсатора C_1, представляет собой колебательный контур, настроенный на волну мешающей станции. Включенный между антенной и приемником контур фильтра при настройке его на волну мешающей станции будет обладать наибольшим сопротивлением только для этой волны, тогда как для волны принимаемой станции сопротивление фильтра будет практически мало. Вследствие этого уловленная антенной энергия мешающей станции не используется в приемнике, и эта станция не будет слышна.

Чтобы обеспечить правильную настройку контура фильтра, необходимо заранее рассчитать его катушку и конденсатор, а потом при налаживании приемника точно подогнать их под нужную величину. Если в фильтре используются постоянные по индуктивности и емкости катушка и конденсатор, то настройка контура практически производится подбором соответствующего числа витков катушки. Это, конечно, требует известной затраты времени, но зато позволяет применить простые детали. Настройку контура фильтра можно произвести проще и быстрее, если применить в нем вариометр с постоянным конденсатором или же катушку с конденсатором переменной емкости. В этом случае вариометр или переменный конденсатор во время приема устанавливается в такое положение, при котором мешающая станция перестает быть слышна.

Мы привели достаточное количество схем детекторных приемников, и радиолюбитель должен сам решить, по какой схеме делать приемник. Выбор той или иной схемы обычно определяется условиями приема в районе, где проживает радиолюбитель, а также наличием у радиолюбителя готовых деталей или возможностью самостоятельного их изготовления.

САМОДЕЛЬНЫЕ ДЕТАЛИ [1]

Самодельные контакты можно изготовить из стреляных гильз от мелкокалиберной винтовки, из кусков голой медной проволоки диа-

[1] В. Г. Борисов, Юный радиолюбитель, Госэнергоиздат, 1955.

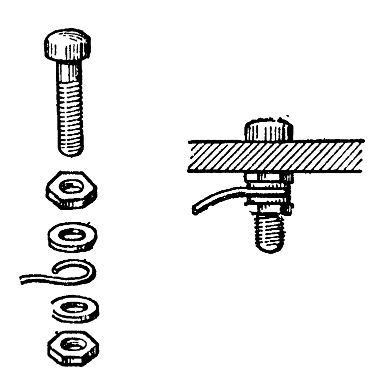


Рис. 1. Контакт заводского изготовления для ползункового переключателя.

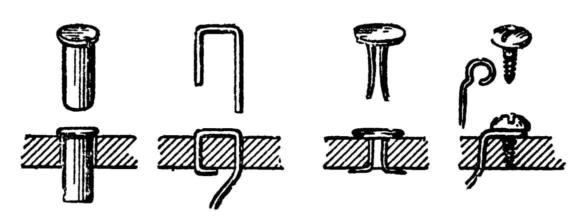


Рис. 2. Самодельные контакты для ползунковых переключателей.

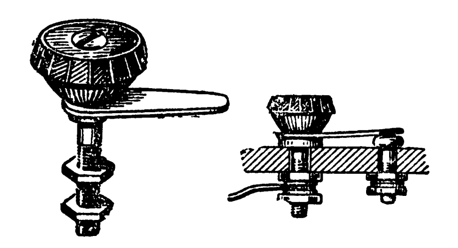


Рис. 3. Ползунковый переключатель заводского изготовления.

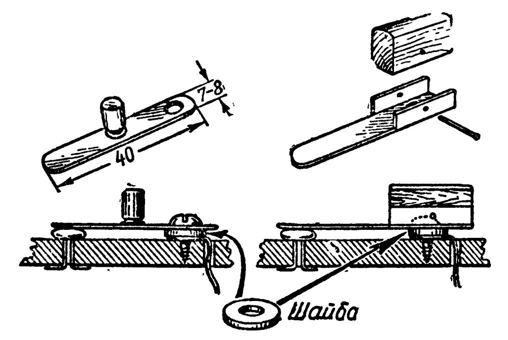


Рис. 4. Самодельные ползунковые переключатели

метром 2—3 *мм*, из канцелярских скрепок и шурупов с полукруглой шляпкой.

Контакты заводского изготовления и самодельные показаны на рис. 1 и 2.

Самодельные и заводского изготовления ползунковые переключатели показаны на рис. 3 и 4. Для ползунка переключателя берется полоска латуни или меди толщиной 0,5—0,7 *мм*. Чтобы ползунок пружинил, его надо отгартовать (отковать молотком). Края кончика ползунка немного изгибают вверх, чтобы он мог переходить с контакта на контакт без заеданий. Ручку у него делают деревянной.

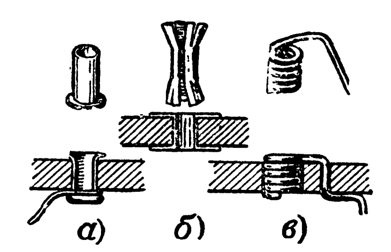


Рис. 5. Самодельные гнезда.

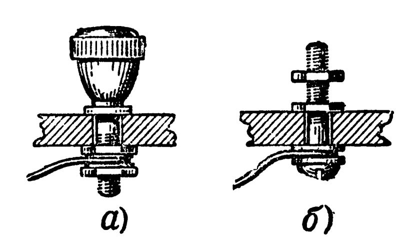


Рис. 6. Зажим заводского производства (*а*) и использование в качестве зажима болтика с гайками (*б*).

Гнезда можно сделать из гильзы от малокалиберной винтовки (рис. 5, *а*). Гильзу забивают молотком в отверстие в панели с нижней стороны и часть гильзы, выступающую над панелью, развальцовывают. Гнезда часто делают из жести (рис. 5, *б*). Для этого кусочек жести размером 15×15 *мм* свертывают в трубочку диаметром 4 *мм*, делают по ее краям надрезы и вставляют в отверстие панели. Надрезы огибают с обеих сторон панели. Можно также сделать гнездо из очищенной от изоляции медной проволоки диаметром 0,7—1 *мм* (рис. 5,*в*). Из нее делают спираль в виде трубочки, наматывая ее, например, на ножку детектора.

Зажимы и гнезда применяют для подключения к приемнику проводников, идущих, например, от антенны и заземления. Заводской зажим (рис. 6, *а*) можно заменить болтиком с гайками (рис. 6, *б*). Провод от антенны или заземления, включаемый в гнездо, нужно снабдить ножкой от штепсельной вилки.

ЛИТЕРАТУРА

В. В. Енютин, Детекторные радиоприемники, Связьиздат, 1950.

Описано восемь конструкций детекторных приемников, в которых применяются разнообразные катушки: цилиндрической, корзинчатой и сотовой намотки.

Даны также описания приемников с настройкой конденсаторами переменной емкости и магнетитовыми сердечниками.

З. Гинзбург и Ф. Тарасов, Самодельные детали для сельского радиоприемника. Изд. «Московский рабочий», 1950.

Книжка поможет начинающему радиолюбителю самостоятельно изготовить катушки и другие детали для детекторного приемника.

Ф. И. Тарасов, Детекторные приемники и усилители к ним (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1950.

Кратко излагается, как устроен и работает детекторный приемник, и приводится несколько схем этих приемников. Даются простые расчеты приемного контура. Рассказывается об устройстве деталей, конструкциях приемников и усилителей к ним.

А. Д. Батраков и С. Кин, Элементарная радиотехника. Часть первая. Детекторные приемники (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1951

В книге изложены основы радиотехники согласно программе для радиокружков в первичных организациях ДОСААФ.

А. Ф. Беляев и В. Н. Логинов, Кристаллические детекторы и усилители (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1951.

Рассматриваются физические процессы, происходящие в кристаллических детекторах и усилителях.

В. В. Енютин, Ответы на вопросы по детекторным радиоприемникам (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1952.

В брошюре даны советы по изготовлению детекторных приемников, уходу за ними и по устройству антенны и заземления.

В. Г. Борисов, Юный радиолюбитель, второе издание (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1955.

В форме популярных бесед излагаются элементарные основы электротехники и радиотехники, принципы работы приемников и усилителей, приводятся описания 30 различных конструкций приемников, усилителей низкой частоты, измерительных приборов и учебно-наглядных пособий для начинающих радиолюбителей. Среди различных приемных конструкций — шесть описаний различных детекторных радиоприемников.



ГЛАВА ШЕСТАЯ

АНТЕННА и ЗАЗЕМЛЕНИЕ



ПРОСТЕЙШИЕ ПРИЕМНЫЕ АНТЕННЫ[1]

ФИЗИКА РАДИОПРИЕМНОЙ АНТЕННЫ. Приемная антенна служит для приема электромагнитных волн, излучаемых передающей радиостанцией, и для подачи переменного напряжения принятого сигнала на вход приемника.

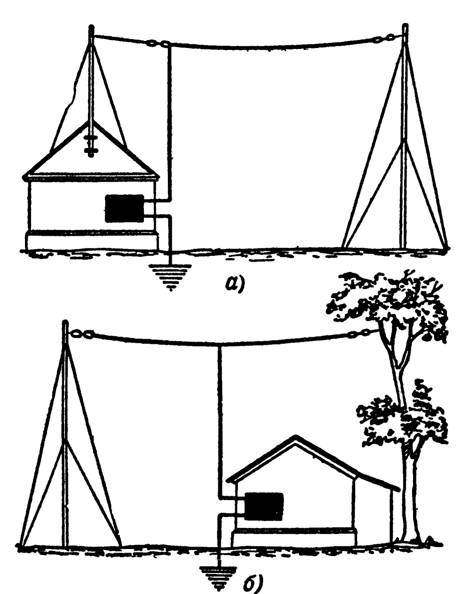
Устройство такой антенны хорошо известно радиолюбителям. Массовыми типами приемных антенн являются Г-образная (рис. 1, *а*) и Т-образная (рис. 1, *б*) однолучевые антенны, простой вертикальный или наклонный провод (рис. 1,*в*), иногда с «метелочкой» на вершине (рис. 1, *г*), а также различные наружные рамки и всевозможные упрощенные комнатные антенны.

Рассматривая антенну как радиотехническое устройство, следует помнить, что любой провод обладает не только активным сопротивлением, но и способен накапливать электрические заряды и индуктировать в самом себе электродвижущую силу при всяких изменениях тока, т. е. провод обладает электрической емкостью и индуктивностью. Следовательно, любая антенна представляет собой колебательную цепь.

Этот своеобразный колебательный контур, в силу того, что его собственная емкость и индуктивность равномерно распределены по всей длине провода, имеет свои физические особенности, заключающиеся в том, что при возникновении в антенне колебательного процесса ток и напряжение распределяются в проводе неравномерно, т. е. в каждой точке провода значения этих величин различны.

Если, например, в вертикальной антенне, работающей с заземлением, возникнет колеба-

[1] П. Голдованский, «Радио», 1949, № 8.



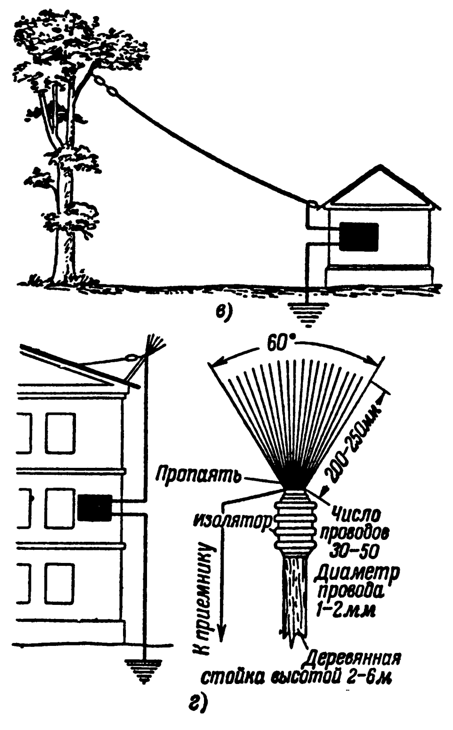


Рис. 1. Различные типы приемных антенн.

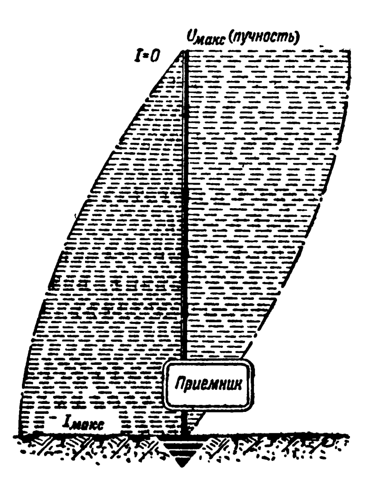


Рис. 2. Распределение тока и напряжения в вертикальной антенне.

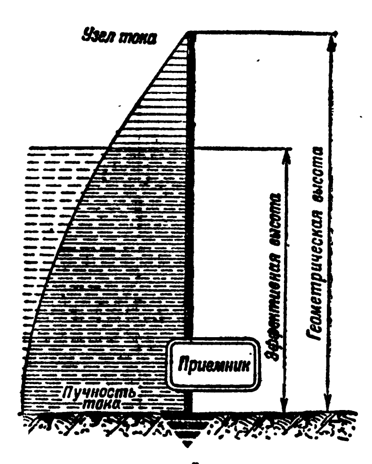


Рис. 3 Геометрическая и действующая высота антенны.

тельный процесс, то наибольший ток будет в той точке провода антенны, которая ближе к заземлению, т. е. в точке подключения антенны к приемнику. В следующих вышележащих точках провода ток будет постепенно уменьшаться и у самой вершины, т. е. у конца антенны, спадает до нуля (рис. 2). Напряжение в такой антенне распределяется в обратном порядке. Наибольшая величина его относительно земли оказывается у верхнего конца провода, а наименьшая — в точке подключения его к приемнику.

Точки провода, в которых наблюдаются максимальные значения тока или напряжения, называются соответственно *пучностями тока* и *пучностями напряжения*, а те точки, где ток и напряжения равны нулю, называются *узлами тока* и *узлами напряжения*.

Как и всякая другая колебательная цепь, приемная антенна характеризуется величинами собственной емкости C_A и собственной индуктивности L_A, которые зависят от геометрических размеров и формы антенны. Так, например, каждый метр однопроводной антенны, удаленной от других проводников, обладает собственной емкостью 5 *пф* и собственной индуктивностью около 1—2 *мкгн*. Простейшие любительские приемные антенны имеют обычно емкость около 200—250 *пф*, индуктивность около 20 *мкгн* и активное сопротивление около 25 *ом*.

Кроме того, антенна характеризуется еще одним очень важным параметром, который называется *действующей* или *эффективной высотой*.

Действующей или эффективной высотой данной антенны называют высоту условной вертикальной антенны, которая излучает (если рассматривать приемную антенну как передающую) такую же мощность, что и реальная антенна, но имеет ток по всей длине одинаковый и равный значению тока в пучности реальной антенны.

Высота такой воображаемой антенны, как видно из рис. 3, всегда будет меньше геометрической высоты реальной антенны.

Действующая высота — понятие условное и принято для облегчения расчетов антенн.

У различных приемных антенн действующая высота зависит от формы антенны и условий ее работы. Для Г-образных и Т-образных антенн она составляет около 0,7—0,8 их геометрической высоты. В большинстве случаев действующая высота обычных любительских антенн, применяющихся для радиовещательных приемников, составляет от 1,5 до 4 *м*.

Ознакомившись в общих чертах с физическими особенностями антенны, рассмотрим теперь антенную цепь в приемнике.

Типичная антенная цепь показана на рис. 4. Она состоит из самой антенны, обладающей собственной емкостью C_A, индуктивностью L_A, активным сопротивлением R_A и дополнительной катушки индуктивности L, которая связывает антенну с входным контуром приемника. Кроме того, в антенную цепь входит заземление или противовес.

Электромагнитные волны, излучаемые передающей радиостанцией, при пересечении провода приемной антенны возбуждают в нем переменную электродвижущую силу. Частота и характер изменений этой электродвижущей силы в точности соответствуют всем изменениям электромагнитного поля.

Величина электродвижущей силы, возникающей в антенне, очень мала и измеряется микровольтами или, в лучшем случае, милливольтами. Значение ее зависит от мощности

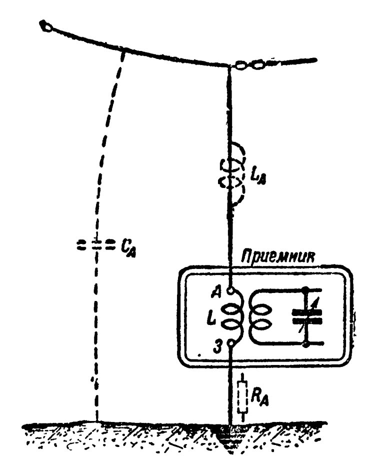


Рис. 4. Антенная цепь приемника.

и удаленности передающей радиостанции, от условий и особенностей распространения радиоволн и от действующей высоты приемной антенны.

В современных радиовещательных приемниках антенную цепь не настраивают. Дело в том, что ламповые приемники имеют два-три контура (а иногда и более), настраивающихся одной ручкой. Этой же общей ручкой должна бы одновременно настраиваться и антенная цепь. Но осуществить это очень трудно, ибо емкость разных антенн различна и вообще непостоянна: она может произвольно изменяться под действием внешних причин (при качании антенны, при изменении влажности воздуха и т. д.). Поэтому точно учесть емкость антенны нельзя и обеспечить неизменную настройку антенной цепи для любого участка диапазона практически невозможно. Оставлять антенную цепь настроенной на какую-либо одну частоту диапазона не имеет смысла, так как на остальных участках данного диапазона чувствительность приемника будет резко ухудшаться.

Чтобы чувствительность приемника не изменялась так резко по диапазону, резонанс антенной цепи выводят за пределы рабочего поддиапазона. Для этого включают в антенную цепь катушку L с такой индуктивностью, что резонансная частота антенного контура оказывается примерно на 30% ниже, чем самая низкая частота данного поддиапазона. Если, например, рабочий поддиапазон приемника равен 150—400 *кгц*, то антенная цепь настраивается на частоту 115 *кгц*.

Настраивать антенную цепь на частоту, превышающую самую высокую принимаемую частоту, невыгодно, так как при этом чувствительность будет сильно меняться по диапазону.

На этом мы закончим краткое знакомство с физическими процессами в антенной цепи. Необходимо теперь лишь сформулировать требования, которым должна удовлетворять антенная цепь. Основные из них сводятся к следующему.

Антенна должна возможно лучше воспринимать энергию радиоволн.

Антенная цепь в пределах каждого поддиапазона должна обеспечивать возможно более высокую и постоянную чувствительность приемника.

Антенна не должна влиять на настройку последующих контуров приемной схемы, т. е. подключение любой антенны к приемнику не должно вызывать изменения настройки его входного контура. Для выполнения этого требования приходится применять слабую связь антенной цепи с входным контуром, что ухудшает чувствительность. Однако ослабление напряжения сигнала может быть возмещено усилением его в последующих ступенях приемника.

ЛЮБИТЕЛЬСКИЕ АНТЕННЫ. Основные типы любительских антенн приведены на рис. 1.

Для лампового радиоприемника может быть применена любая из указанных антенн. Длина горизонтальной части Г-образной или Т-образной антенны в этом случае не должна превышать 20 *м*. Обычно она составляет 8—12 *м*.

Для детекторных приемников горизонтальная часть антенны делается несколько длиннее — до 30—50 *м*.

Высота подвеса антенны над крышами зданий и другими сооружениями желательна не менее 4 *м*, а при установке мачт на земле — не менее 10—12 *м*. Дальнейшее увеличение высоты подвеса антенны даст незначительный выигрыш в громкости (и то только на детекторный приемник), но приведет к заметному возрастанию атмосферных помех.

Комнатные антенны следует применять только для ламповых приемников и лишь в тех случаях, когда почему-либо невозможно установить наружную антенну.

ЗАЗЕМЛЕНИЕ[1]

Для простейшего радиоприемника необходимо хорошее заземление, так как оно обеспечивает более громкий прием (при детекторном приемнике) и снижает уровень индустриальных помех.

Заземление должно быть сделано поближе к вводу антенны.

[1] По разным источникам.

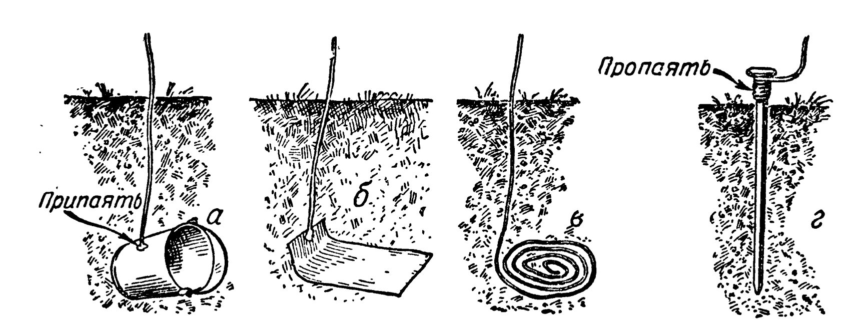


Рис. 1. Различные способы устройства заземления.

Для этого следует около самого дома вырыть яму глубиной 1—1,5 *м*. Чем суше почва, тем глубже нужно рыть яму. В нее укладывается лист жести размером 50×50 *см* или какой-нибудь металлический предмет, например старое ведро, к которому предварительно припаивается проволока (рис. 1,*а*). Можно уложить в яму моток голой проволоки (рис. 1,*в*).

Затем яму засыпают постепенно слоями земли, тщательно утрамбовывая каждый слой. При этом следят, чтобы провод, выходящий из земли, не оторвался от металлического предмета, к которому он припаян.

Вести этот провод надо по самому короткому пути, без крутых изгибов, прикрепляя его гвоздями или проволочными скобками.

Хорошее заземление можно делать из стальной трубы длиной 1—1,5 *м*. Один конец трубы сплющивается и заостряется, а к другому концу припаивается проволока, предназначенная для ввода в дом. Трубу забивают в землю в вырытой на полметра яме так, чтобы место спая с проволокой было потом засыпано землей.

Существенно улучшается заземление в глинистых и песчаных почвах, если грунт обработать солью. Вокруг забитой в землю трубы, на расстоянии 1—1,5 *м* от нее, надо вынуть землю на глубину 0,75—1 *м*. Вынутая земля засыпается обратно слоями вперемежку со слоями поваренной соли самого низкого сорта и поливается водой.

В домах, где есть водопровод или центральное отопление, для заземления можно использовать трубы водопровода или отопления.

Труба вблизи от приемника зачищается напильником до блеска и в этом месте на нее наматывается медная проволока. Свободный конец ее соединяется с соответствующим зажимом грозового переключателя или непосредственно включается в гнездо заземления приемника.

ЭКРАНИРОВАННАЯ АНТЕННА [1]

Что нужно сделать для того, чтобы устранить электрическое воздействие на провод или деталь?

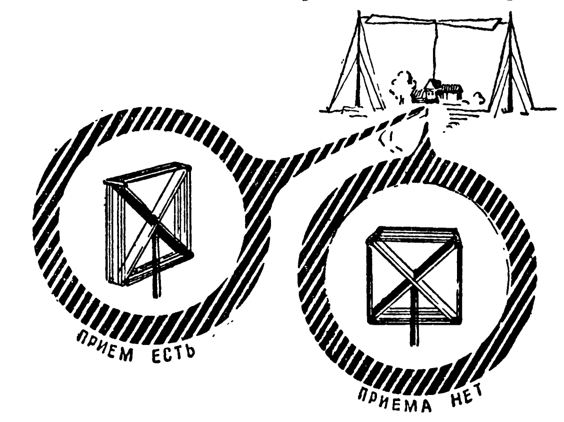
Каждый радиолюбитель знает, что надо эту деталь или этот провод экранировать. Мы экранируем катушки и целые контуры, экранируем лампы, металлизируя их баллоны, помещаем экраны внутрь ламп. Наконец, мы экранируем снижения антенн в тех случаях, когда не хотим, чтобы снижение принимало участие в радиоприеме.

Но вот несколько лет назад в продаже появились радиоприемники с экранированной рамкой, помещенной внутри ящика приемника. Так был выполнен, например, приемник 2-го класса «Электросигнал-2». Витки рамок этого приемника заключены в заземленную металлическую оплетку, имеющую узкий разрез в одном месте. Такие же экранированные рамки с экраном в виде массивной медной трубы применяются в радионавигации.

Как работает рамка?

Передающие антенны располагаются обычно вертикально и создают электромагнитное поле, у которого электрическая составляющая направлена вертикально, а магнитная — горизонтально. Это значит, что между любыми двумя точками, находящимися на разной высоте, этим полем создается напряжение тем большее, чем больше разность их высот.

Приемная рамка помещается в вертикальной плоскости, поэтому в тех частях образующих ее витков провода, которые при этом окажутся расположенными вертикально, будет наводиться э. д. с. Если рамка будет обращена



[1] Л. В. Кубаркин, Е. А. Левитин, Занимательная радиотехника, Госэнергоиздат, 1956.

к передающей станции своей плоскостью, то в обеих ее вертикальных частях будут наведены совершенно одинаковые, но направленные друг другу навстречу э. д. с., которые взаимно уничтожаются. Но если рамка обращена к передающей станции своим ребром, то передние и задние стороны ее витков будут находиться от станции на неодинаковом расстоянии — передние стороны окажутся ближе к ней. Эта разница в расстоянии приведет к тому, что фазы э. д. с., наведенные в передних и задних сторонах витков рамки, будут несколько различны и наведенные э. д. с. не уничтожат друг друга полностью. Оставшаяся разность и представит собой то напряжение сигнала, которое может быть использовано для приема.

Если рамку экранировать, заключив ее в медную трубу, оплетку или спираль (причем поперечный разрез этой трубы или оплетки не изменяет ее экранирующего действия), то такой экран полностью устранит воздействие на витки рамки электрического поля передатчика и никакой э. д. с. наводиться в них не будет. Прием на такую рамку был бы невозможен, если бы... у электромагнитного поля была только электрическая составляющая. Но у него есть еще магнитная составляющая, свободно проходящая сквозь медный экран и воздействующая на витки рамки. Разрез в экране предотвращает возникновение в нем круговых токов, которые были бы возбуждены магнитной составляющей поля. А раз в экране нет тока, то нет и создаваемого им противодействующего магнитного поля. Поэтому по отношению к магнитному полю такой экран совершенно нейтрален: он его не задерживает и не искажает.

Благодаря этой особенности экранированной рамке присуще весьма ценное свойство — способность ослаблять помехи радиоприему, создаваемые различными электрическими установками. Эти помехи создаются в большинстве случаев именно электрическим полем источника помех, магнитное же поле его значительно слабее, и радиус его действия очень мал.

АНТЕННА С СЕРДЕЧНИКОМ[1]

Мы привыкли к тому, что сердечники бывают у трансформаторов, дросселей, катушек. Но как можно «вставить» сердечник в антенну?

Конечно, в наружную антенну поместить сердечник мудрено, но ничто не может помешать нам намотать антенный провод на длинный сердечник, имеющий вид прутка или стержня. Стержень этот должен быть изготовлен из магнитодиэлектрика (высокочастотного магнитного материала) с большой магнитной проницаемостью, например карбонильного железа, того самого, из которого делаются сердечники для контурных катушек, или — еще лучше — феррита.

Почему во вторичной обмотке трансформатора, намотанной отдельно от первичной обмотки на общем сердечнике, наводится э. д. с.? Она наводится потому, что в сердечнике, на котором намотана вторичная обмотка, возникает переменное магнитное поле. Каждый раз, когда магнитное поле внутри витка претерпевает изменение, в витке возбуждается э. д. с.

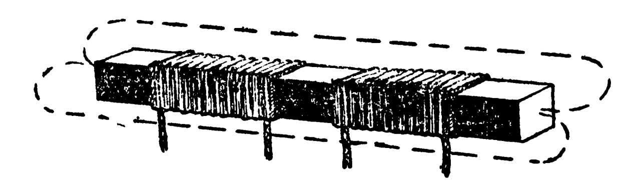
Ферромагнитные материалы замечательны тем, что если поместить их в магнитное поле, то внутри них создается магнитное поле гораздо более сильное, чем в окружающем пространстве.

Эти два положения и использованы для создания магнитной антенны, которую мы назвали в заголовке антенной с сердечником. Передающая станция создает переменное электромагнитное поле; нас в данном случае интересует его магнитная составляющая. Магнитное поле направлено горизонтально. Если в это магнитное поле поместить ферромагнитный материал, то внутри него магнитное поле будет во много раз усилено. Поле это переменное. Если на этот ферромагнитный материал намотаем витки провода, то поскольку внутри них будет переменное магнитное поле, в витках возникнет соответствующая э. д. с. Естественно, что если сердечник выполнен в виде стержня, то наиболее сильный магнитный поток появится в нем тогда, когда направление стержня совпадет с направлением магнитных линий поля, другими словами, когда ось сердечника расположена перпендикулярно направлению на принимаемую станцию.

Поэтому магнитная антенна обладает направленным действием: она лучше всего принимает, когда направление ее сердечника перпендикулярно направлению на станцию. Чем больше магнитная индукция материала сердечника, тем сильнее будет магнитное поле внутри него. Современные материалы обладают большой магнитной проницаемостью (порядка нескольких сотен или даже тысяч), поэтому сердечники из них могут быть сделаны сечением всего 3—5 *см*². Также сердечники вполне обеспечивают достаточный магнитный поток внутри витков антенны. Поэтому размеры магнитной антенны получаются небольшими; длина для радиовещательного диапазона волн составляет всего 20—30 *см*.

Рамочная и магнитная антенны по своим общим свойствам и по своему отношению к

[1] Л. В. Кубаркин, Е. А. Левитин, Занимательная радиотехника, Госэнергоиздат, 1956.



магнитному полю одинаковы. В отношении ориентации они по существу также одинаковы. Чтобы принять на рамочную антенну, надо чтобы плоскость ее витков совпала с направлением на передающую станцию. А чтобы принять на магнитную антенну, надо расположить ее так, чтобы ось сердечника была перпендикулярна этому направлению, но при этом плоскость витков как раз и будет направлена на станцию.

Нам надо отметить, что направленное действие рамочной и магнитной антенны может быть в полной мере обнаружено лишь при приеме на открытом месте. В комнатах металлические предметы служат вторичными излучателями и прием получается при ориентировании антенны на них.

НУЖНО ЛИ ЗАЗЕМЛЯТЬ ЗАЗЕМЛЕНИЕ[1]

Почти у каждого приемника есть гнездо или зажим, отмеченный знаком «земля». К этой точке схемы нужно присоединять заземление.

Сейчас, когда радио прочно вошло в быт, привыкли обращаться с приемником довольно бесцеремонно и не всегда выполняют то, что предписывается инструкциями. Часто, например, оставляют приемник без заземления, не задумываясь совершенно над тем, почему приемник работает без него. Но в первые годы развития радиолюбительства, когда к приемнику относились с большим уважением и считали обязательным выполнение всех указаний по пользованию им, необходимость присоединения к приемнику «земля» не вызывала никаких сомнений. И у многих пытливых умов возникал совершенно естественный недоуменный вопрос: а как быть с «землей» там, где ее вовсе нет, например на пароходе, самолете или автомобиле? В любительских журналах появлялись даже шутливые рецепты: комплектовать радиоустановку на самолете землей, хотя бы в цветочном горшке.

В самом деле, насколько необходимо заземление в приемнике?

Заземление является обязательной частью антенного устройства. Между антенной и землей образуется емкость, без которой невозможна работа открытого колебательного контура, каким является антенная цепь. Правда, заземление можно заменить противовесом — системой проводов, расположенных под антенной и изолированных от земли. Но такая система оказывается очень сложной и применяется обычно только на передающих станциях и в специальных приемных центрах.

Кроме того, от качества заземления в значительной мере зависит эффективность антенны и количество энергии, которое она может передать приемнику. Этим объясняется то внимание, которое уделяется устройству заземления для детекторных приемников, где единственным источником используемой энергии является антенна. Для ламповых приемников, обладающих возможностью огромного усиления принятых сигналов, эффективность антенн перестала играть сколько-нибудь существенную роль. Они часто вообще не имеют наружной антенны и хорошо работают от небольшого куска провода, протянутого в комнате. Но принцип работы антенны от этого не изменился: она образует открытый колебательный контур, который обязательно должен содержать емкость. А такая емкость существует и без специального заземления — это емкость между проводом антенны и шасси приемника, батареями питания или осветительной сетью, с которой сетевой приемник связан через силовой трансформатор. Шасси, батареи и осветительная сеть выполняют функции противовеса.

Присоединение хорошего заземления всегда улучшает работу антенной цепи. Поэтому при дальнем приеме на малочувствительный ламповый приемник хорошее заземление значительно улучшает прием.

В отдельных случаях присоединение заземления оказывается полезным в другом отношении — оно может помочь уменьшению фона и помех на выходе приемника.

Но приходится встречаться и с другими случаями, когда для некоторых сетевых приемников присоединение заземления вообще категорически запрещается. Это относится к приемникам, которые включаются в сеть непосредственно, без трансформатора, или через автотрансформатор. У этих приемников шасси соединено непосредственно с одним из проводов сети, которая сама в большинстве случаев бывает заземлена. Если окажется, что шасси соединено как раз с незаземленным проводом сети, то присоединение добавочного внешнего заземления приведет к короткому замыканию. По этой же причине до шасси таких приемников нельзя дотрагиваться рукой — оно оказывается под напряжением относительно земли и прикосновение к нему опасно.

---

[1] Л. В. Кубаркин, Е. А. Левитин, Занимательная радиотехника, Госэнергоиздат, 1956.

АНТЕННЫ УЛЬТРАКОРОТКИХ ВОЛН[1]

К диапазону ультракоротких радиоволн (УКВ) принято относить радиоволны длиной менее 10 *м* (от 10 *м* до 1 *см*).

На УКВ работают радиостанции самого различного назначения: радиолокационные, связные, телевизионные, радиовещательные и т. д. На этих же волнах в последнее время начали работать и радиолюбительские приемо-передающие радиостанции.

Приемные и передающие антенны, применяемые на УКВ, значительно отличаются от антенн длинных, средних и даже коротких волн.

УКВ антенны имеют относительно небольшие размеры при весьма хороших качественных показателях. Внутри УКВ диапазона антенны различных поддиапазонов также резко отличаются друг от друга как по принципу действия, так и по конструкции. Так, например, антенны сантиметрового поддиапазона сильно отличаются от антенн метрового поддиапазона. Между ними трудно найти даже какое-либо внешнее сходство.

Мы будем рассказывать об антеннах, к которым в настоящее время радиолюбители и телезрители проявляют наибольший интерес: об антеннах метрового диапазона (10—2 *м*) и длинноволновой части дециметрового диапазона (2 *м* — 50 *см*). Эти антенны применяются в повседневной практике для приема телевидения и в качестве приемных и передающих антенн связных радиолюбительских УКВ станций.

Выбор и конструирование приемной и передающей антенны — весьма серьезный этап в практике работ радиолюбителя. Поэтому мы хотим рассказать о некоторых важнейших свойствах УКВ антенн, что поможет разумно и обоснованно выбирать антенны для различных УКВ установок.

НАПРАВЛЕННЫЕ СВОЙСТВА УКВ АНТЕНН. *Под направленными свойствами* антенн понимают их способность излучать электромагнитную энергию относительно узкими пучками в определенных желаемых направлениях.

Дело в том, что вообще не существует антенн, излучающих электромагнитную энергию равномерно во всех направлениях. Это одно из существенных отличий электромагнитных излучателей от источников звуковых волн, которые могут быть совершенно ненаправленными.

Рассмотрим сначала простейшую и в то же время наиболее распространенную УКВ антенну — симметричный полуволновый вибратор (рис. 1). Этот вибратор состоит из двух расположенных на одной оси металлических стержней. Общая длина вибратора составляет примерно половину длины волны. Расположим вибратор горизонтально, т. е. параллельно земле, и мысленно проведем плоскость перпендикулярно оси вибратора (вертикальную плоскость). В этой плоскости излучаемая мощность распределяется равномерно во всех направлениях. Поэтому говорят, что горизонтальный вибратор является ненаправленным в вертикальной плоскости. В горизонтальной же плоскости излучение является направленным, причем наибольшая мощность излучается перпендикулярно вибратору, а в направлении его оси излучение полностью отсутствует.

Соответственно, вертикально расположенный вибратор излучает равномерно во всех направлениях в горизонтальной плоскости и неравномерно — в вертикальной.

Для наглядности направленные свойства антенн изображают графически в виде диаграмм направленности в горизонтальной и вертикальной плоскостях (рис. 1). Необходимо подчеркнуть, что диаграмма направленности не дает возможности определить, какую же мощность излучает антенна в определенном заданном направлении, поскольку величина этой мощности зависит не только от формы диаграммы, но и от общей мощности передатчика. Диаграмма направленности антенны характеризует собой лишь распределение мощности

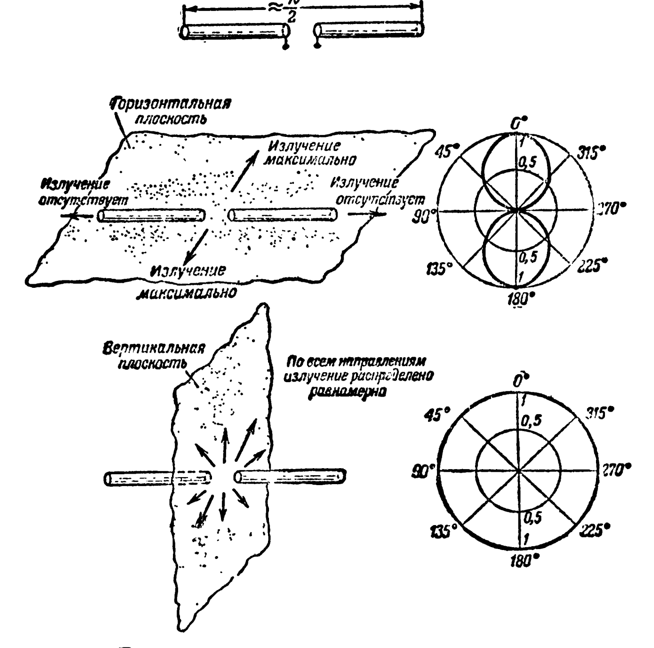


Рис. 1. Диаграммы направленности полуволнового вибратора.

---

[1] Написано Л. М. Капчинским.

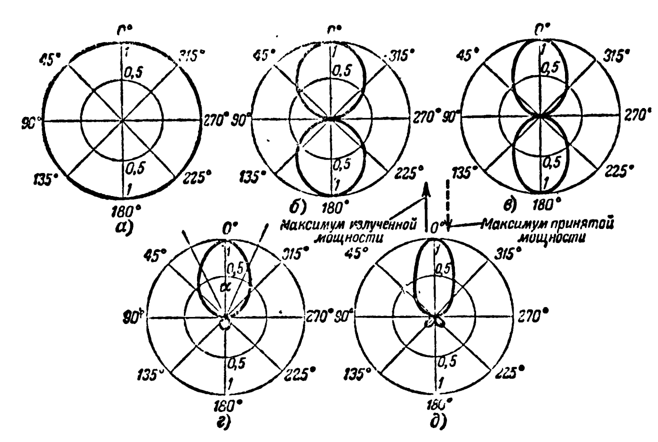


Рис. 2. Различные формы диаграмм направленности УКВ антенн.

передатчика в пространстве независимо от полной величины этой мощности и определяется только конструкцией антенны.

На рис. 2 изображены для примера некоторые возможные диаграммы направленности УКВ антенн в горизонтальной плоскости.

Антенна, имеющая диаграмму типа *а*, излучает в горизонтальной плоскости равномерно во все стороны. Такую диаграмму должна иметь антенна радиолюбительского передатчика, если направление на корреспондента заранее неизвестно, а также телевизионная передающая антенна.

Диаграммы типа *б* и *в* имеют два симметричных лепестка. Антенны с такими диаграммами излучают одинаково в двух противоположных направлениях.

Часто бывает полезным сконцентрировать излучение только в одном направлении. Тогда нужно воспользоваться однонаправленными антеннами, имеющими диаграммы направленности типа *г* и *д*.

Как видно из рисунка, эти диаграммы имеют обычно помимо основного лепестка небольшие «задние» или «боковые» лепестки, что указывает на некоторый расход мощности передатчика на излучение в нежелательных направлениях. Отметим, что антенна с диаграммой направленности типа *д* излучает электромагнитные волны более узким пучком и является, следовательно, более направленной. Ширина основного лепестка диаграммы направленности измеряется в градусах и отсчитывается по уровню половинной мощности или 0,7 напряжения (угол α на диаграмме *г*).

Возникает вопрос: как выбрать передающую УКВ антенну с точки зрения формы диаграммы направленности?

Для ответа на этот вопрос необходимо знать, в пределах какого угла может меняться направление от передающей антенны к возможному корреспонденту.

Необходимо, чтобы этот угол укладывался в пределах угла раствора основного лепестка диаграммы направленности по уровню половинной мощности.

Заметим, что чем уже основной лепесток диаграммы направленности и чем меньше задние и боковые лепестки, тем бо́льшая мощность излучаемых волн (при неизменной общей мощности передатчика) излучается в главном направлении и тем больше дальность связи в этом направлении.

Основные типы антенн и соответствующие им диаграммы направленности будут показаны далее.

До сих пор мы рассматривали передающие антенны. А как обстоит дело с направленными свойствами приемных антенн?

Пусть некоторая антенна используется как передающая — для излучения сигналов в пространство и имеет диаграмму направленности, изображенную на рис. 2,*д*. Максимум мощности излучаемых волн соответствует направлению, показанному сплошной стрелкой. Если эту же самую антенну применить для приема, то мощность сигналов, поступающих на вход приемника, будет максимальна, когда сигнал приходит с того же направления (пунктирная стрелка).

Таким образом, оказывается, что диаграмма направленности любой антенны остается неизменной как при работе ее на передачу, так и на прием.

При выборе типа приемной антенны с точки зрения диаграммы направленности нужно учитывать те же соображения относительно необходимого угла раствора диаграммы в горизонтальной плоскости.

Следует еще добавить, что чем уже основной лепесток диаграммы направленности и меньше боковые лепестки, тем слабее сказываются различные помехи приему (медицинские, индустриальные и т. д.).

КОЭФФИЦИЕНТ УСИЛЕНИЯ УКВ АНТЕНН. Приемные и передающие УКВ антенны характеризуются не только диаграммой направленности, но и величиной коэффициента усиления.

Пусть имеются два передатчика одинаковой мощности.

Антенна первого передатчика — полуволновый вибратор (рис. 1), антенна второго передатчика — однонаправленная, с диаграммой, изображенной на рис. 2,*д*. Антенна второго

передатчика создает в главном направлении более сильное электромагнитное поле. Это, очевидно, объясняется тем, что, во-первых, антенна второго передатчика излучает только в одну сторону и, во-вторых, концентрирует ее в более узком пучке. Если антенна второго передатчика создает на определенном расстоянии электромагнитное поле, например, вдвое большей силы (напряженности), то говорят, что эта антенна имеет относительно полуволнового вибратора коэффициент усиления по полю, равный двум.

Коэффициент усиления любой антенны определяют путем ее сравнения с полуволновым вибратором, коэффициент усиления которого условно принят равным единице.

Понятие коэффициента усиления можно распространить и на приемные антенны. При этом коэффициент усиления по полю показывает, во сколько раз увеличивается напряжение на входе приемника при использовании данной антенны по сравнению со случаем использования полуволнового вибратора.

Нужно заметить, что увеличение коэффициента усиления не обязательно связано с уменьшением ширины диаграммы направленности в горизонтальной плоскости. Можно увеличить коэффициент усиления приемных и передающих антенн УКВ станций, сужая диаграмму направленности в вертикальной плоскости и не ограничивая тем самым угол, в пределах которого возможна связь.

ФИДЕРЫ ДЛЯ УКВ АНТЕНН. Приемная и передающая антенны связаны соответственно с приемником и передатчиком фидером.

Выбор типа фидера и способа его подключения к антенне — важный момент в процессе конструирования УКВ антенны как для приемопередающей радиостанции, так и для телевизионного приемника.

В качестве фидеров могут быть применены симметричные кабели, экранированные (РД-13) или неэкранированные (КАТВ), и несимметричные экранированные кабели (РК-1, РК-3, РК-49 и т. д.). На рис. 3 показаны конструкции кабелей различных типов.

Как для телевизионных антенн, так и для антенн приемопередающих УКВ радиостанций лучше всего использовать несимметричный экранированный кабель. Этот кабель относительно недорог, может быть прикреплен простейшими скобками непосредственно к любой стене: деревянной, кирпичной и т. д. Кроме того, в случае применения такого кабеля практически исключаются потеря мощности передатчика и искажение диаграммы направленности антенны за счет излучения самого фидера. Могут быть случаи, когда передатчик

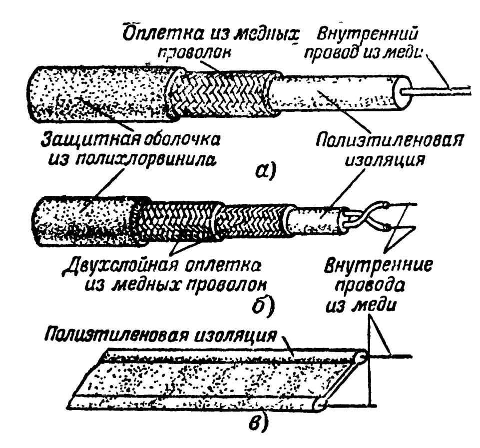


Рис. 3. Кабели, применяемые на УКВ.

а — несимметричный экранированный кабель; *б* — симметричный экранированный кабель; *в* — симметричный неэкранированный кабель.

имеет симметричный выход, а переход на коаксиальный кабель почему-либо невозможен. В таких случаях следует применить экранированный симметричный кабель, а при отсутствии последнего — неэкранированный. Следует иметь в виду, что неэкранированный кабель крепится к стенам с помощью специальных изоляторов.

Подключение фидеров к антеннам различных типов нужно производить только так, как показано на приводимых далее рисунках. Эти схемы подключения фидеров обеспечивают как симметрирование (при переходе от несимметричного кабеля к симметричной антенне), так и согласование. Неправильное подключение фидера к антенне приводит к уменьшению излученной мощности, а также к частотным искажениям передаваемого и принимаемого сигнала. При приеме телевидения могут появиться специфические искажения в виде повторных контуров изображения.

ТИПЫ АНТЕНН ДЛЯ ЛЮБИТЕЛЬСКИХ РАДИОСТАНЦИЙ И ПРИЕМА ТЕЛЕВИДЕНИЯ. В принципе для любительских приемопередающих УКВ радиостанций и приема телевидения могут применяться антенны одних и тех же типов. Поэтому целесообразно рассказывать об этих антеннах одновременно, делая в случае необходимости соответствующие оговорки.

Простейшей, наиболее распространенной антенной для любительской УКВ радиостанции и для приема телевидения является полуволновый вибратор (рис. 4).

Полуволновый вибратор может быть использован на любом из двенадцати телевизионных каналов в диапазоне частот 48,5 ÷ 230 *Мгц*, а также в радиолюбительских УКВ диапазонах: 38 ÷ 40, 144 ÷ 146 и 420 ÷ 425 *Мгц*.

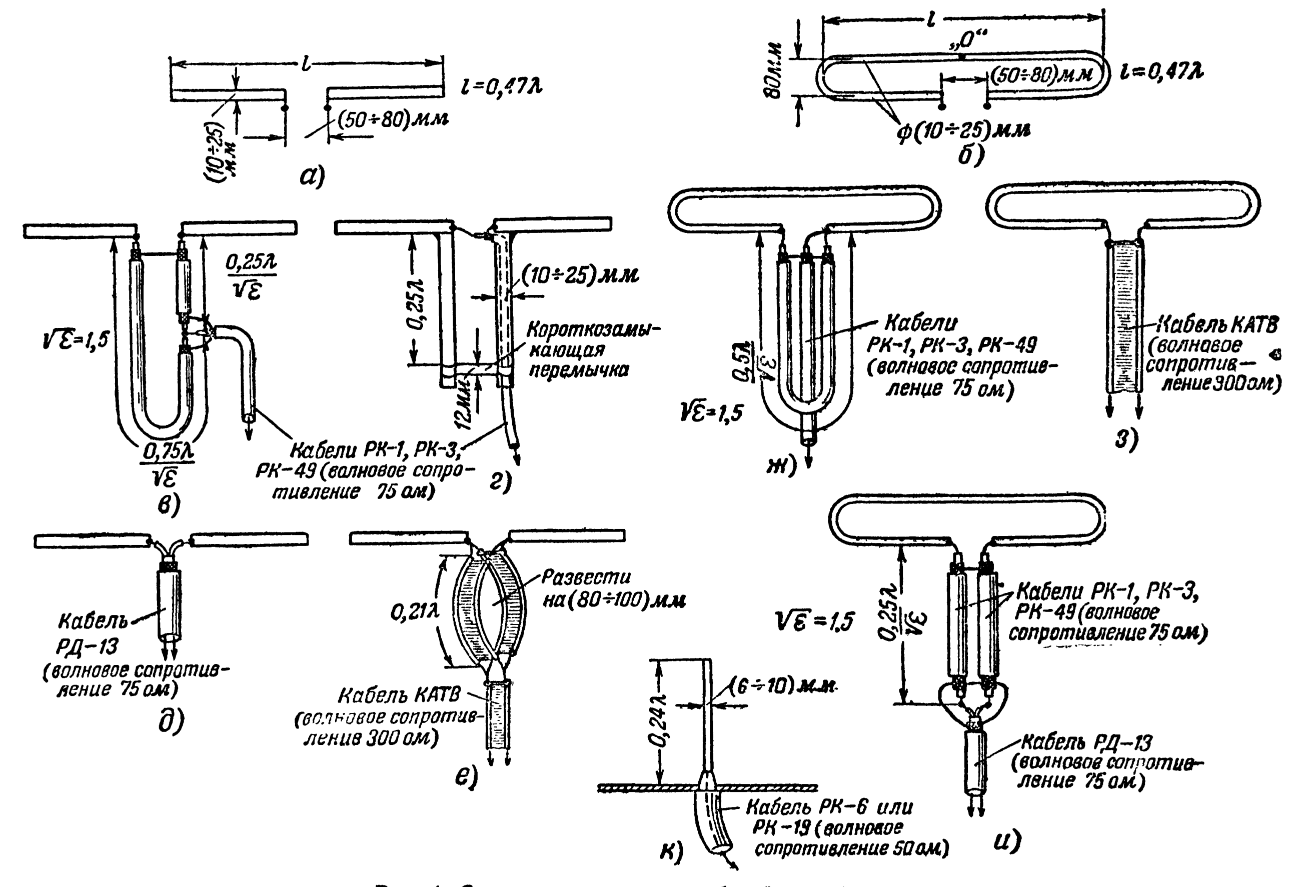


Рис. 4. Схемы подключения кабелей к вибраторам.

а—линейный полуволновый вибратор, *б*- полуволновый шлейф-вибратор; *в*—подключение кабеля через *U*-колено; *г*—подключение кабеля через четвертьволновый мостик; *д*— подключение симметричного экранированного кабеля; *е*—подключение симметричного неэкранированного кабеля; *ж*—подключение кабеля через *U*-колено, *з*—подключение симметричного неэкранированного кабеля; *и*—подключение симметричного экранированного кабеля; *к* — подключение кабеля к несимметричному четвертьвольновому вибратору.

Существуют две основные разновидности полуволновых вибраторов: линейный полуволновый вибратор (рис. 4,*а*) и полуволновый шлейф-вибратор (рис. 4,*б*). По своим электрическим характеристикам оба вибратора являются примерно равноценными; они имеют одинаковые диаграммы направленности и одинаковые коэффициенты усиления. Полоса пропускания шлейф-вибратора несколько шире, однако существенного значения это не имеет, поскольку полоса правильно выполненного линейного вибратора вполне достаточна для пропускания частот любого телевизионного канала, а тем более канала радиолюбительской станции.

Оба вида вибраторов выполняются обычно из трубок (стальных, латунных, медных, дюралюминиевых). Их можно изготовлять также из металлических полосок или уголков.

Основные конструктивные размеры их приведены на рис. 4. Под длиной волны λ в случае выполнения вибратора для приема телевидения следует понимать длину волны, соответствующую средней частоте телевизионного канала; в случае же выполнения вибратора для любительской УКВ радиостанции под λ нужно понимать длину волны, соответствующую несущей частоте.

Возможные способы подключения фидеров к линейному полуволновому вибратору приведены на рис. 4,*в, г, д, е*. Схемы рис. 4,*в* и *г* применяют в случае использования в качестве фидеров несимметричных экранированых кабелей с волновым сопротивлением 75 *ом* (РК-1, РК-3 и т. д.).

В схеме рис. 4,*в* подключение кабеля производится через U-образное колено из того же кабеля; в схеме рис. 4,*г* кабель подключается через симметрирующий короткозамкнутый мостик, изготовленный из трубок. Обе схемы являются примерно равноценными, хотя схема, изображенная на рис. 4,*г*, обеспечивает все же пропускание более широкой полосы частот. Схема рис. 4,*д* применяется в случае исполь-

зования в качестве фидера симметричного экранированного кабеля РД-13 с волновым сопротивлением 75 *ом*, схема рис. 4,*е* — в случае использования симметричного неэкранированного ленточного кабеля КАТВ с волновым сопротивлением 300 *ом.*

Возможные способы подключения фидеров к полуволновому шлейф-вибратору (вибратору Пистолькорса) показаны на рис. 4,*ж, з, и.* Схема рис. 4,*ж* применяется при использовании несимметричных экранированных кабелей с волновым сопротивлением 75 *ом* (РК-1, РК-3 и т. д.), схема рис. 4,*з* — при использовании симметричного неэкранированного кабеля с волновым сопротивлением 300 *ом* (КАТВ), схема рис. 4,*и* — при использовании симметричного экранированного кабеля с волновым сопротивлением 75 *ом* (РД-13).

На рис. 4,*к* показана антенна, называемая четвертьволновым вертикальным вибратором и применяемая обычно в тех случаях, когда антенну можно расположить над большим металлическим листом (например, для автомобильных станций).

Заметим, что для обеспечения согласования кабеля с антенной в схемах рис. 4,*е* и *и* кабели подключаются через четвертьволновые согласующие трансформаторы, выполненные из отрезков кабеля.

Все рассмотренные схемы подключения фидеров к полуволновым вибраторам с равным успехом могут быть использованы как для передающих, так для приемных антенн.

Какой вибратор лучше применять: линейный или шлейф-вибратор? Мы уже отмечали, что с точки зрения электрических характеристик оба вибратора примерно равноценны. Поставленный вопрос следует решать исходя только из конструктивных соображений и наличных материалов. Шлейф-вибратор требует, например, для изготовления вдвое большего расхода трубок. В то же время шлейф-вибратор легко установить на любой мачте — металлической или деревянной, так как его можно закрепить в средней точке (точка *O* на рис. 4,*б*) непосредственно к мачте с помощью сварки или металлического хомута без всяких изоляторов. Крепление линейного вибратора к мачте требует изоляторов: керамических, пластмассовых, полистироловых или из органического стекла.

В качестве антенн с относительно большим коэффициентом усиления и с лучшими направленными свойствами, чем у полуволнового вибратора, для приема телевидения и для УКВ любительских станций применяют антенны типа «волновой канал», состоящие из нескольких вибраторов.

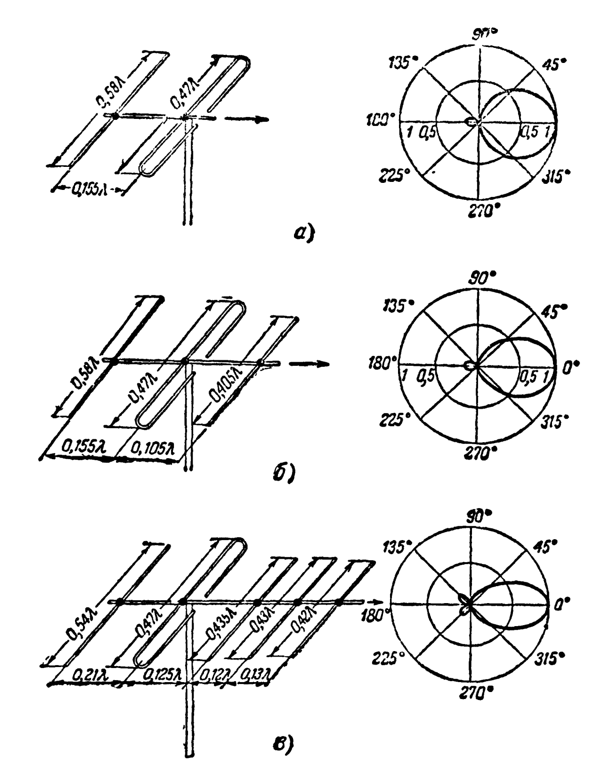
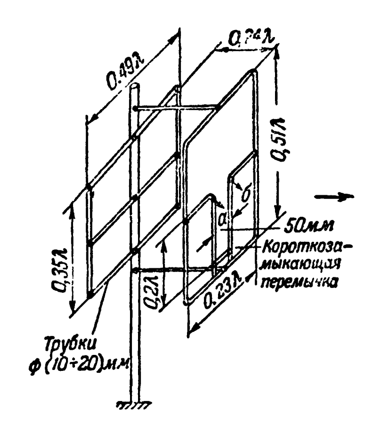


Рис. 5. Направленные УКВ антенны типа «волновой канал».

а—двухэлементная антенна (коэффициент усиления по напряжению 1,35), *б*—трехэлементная антенна (коэффициент усиления по напряжению 1,85); *в*—пятиэлементная антенна (коэффицент усиления по напряжению 2,4).

Простейшая антенна этого типа — двухэлементная, состоит из двух вибраторов (рис. 5,*а*), расположенных в одной плоскости и закрепленных на стреле, которая выполняется из металлической трубы, уголка или деревянного бруса.

В качестве одного из вибраторов, который называют активным (к этому вибратору подключается фидер), используют линейный полуволновый вибратор или полуволновый шлейф-вибратор, описанные выше и показанные на рис. 4. Второй из вибраторов двухэлементной антенны — пассивный (к нему фидер не подключается), представляет собой цельную металлическую трубку, закрепленную на стреле непосредственно без всяких изоляторов. Крепление пассивного вибратора, как и активного, производится симметрично относительно стрелы. Длину пассивного вибратора и его расстояние до активного выбирают таким образом, чтобы направить излученную активным вибратором мощность только в одну сторону. С этой точки зрения пассивный вибратор двухэлементной антенны называют рефлектором. Таким образом, двухэлементная антенна яв-



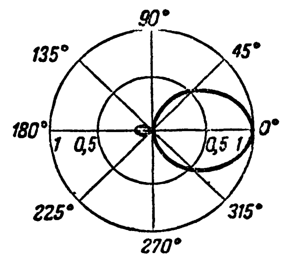


Рис 6 Контурно-щелевая антенна с рефлектором (коэффициент усиления по напряжению 1,9).

ляется однонаправленной, что видно из приводимой диаграммы направленности.

Трехэлементная антенна (рис. 5,*б*) содержит помимо активного вибратора и рефлектора еще один пассивный вибратор, называемый директором. Длина директора и его расстояние до активного вибратора выбраны таким образом, чтобы дополнительно усилить излучение в главном направлении. В соответствии с этим трехэлементная антенна имеет больший, чем у двухэлементной антенны, коэффициент усиления и более узкую диаграмму направленности.

Пятиэлементная антенна (рис. 5,*в*) содержит уже три директора, помимо рефлектора и активного вибратора, и имеет еще больший коэффициент усиления и еще более узкую диаграмму направленности.

Подключение фидеров к активным вибраторам многоэлементных антенн, изображенных на рис 5, производится так, как показано на рис. 4, *ж, з, и.*

Можно, конечно, выполнить антенну с еще большим количеством директоров, однако особого смысла это не имеет, так как при увеличении числа директоров свыше трех происходит очень медленный рост коэффициента усиления, в то время как вес и сложность конструкции значительно возрастают. Если для чего-либо (например, для дальнего приема телевидения) необходимо иметь очень большой

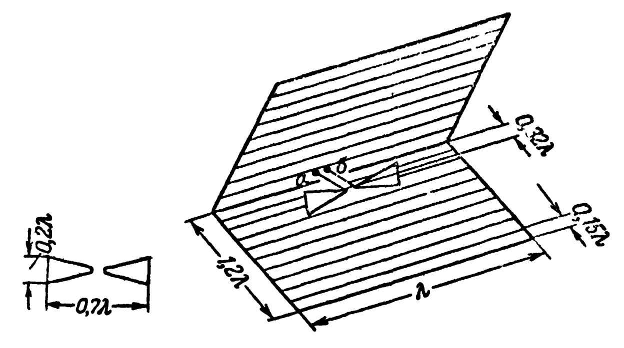


Рис. 7. Антенна с уголковым отражателем (коэффициент усиления по напражению 3,6).

коэффициент усиления, то выполняют так называемые синфазные антенны, состоящие из многоэлементных антенн типа «волновой канал», расположенных в несколько этажей или рядов.

Подробнее об этом можно прочитать в специальных статьях и книгах по антеннам. Длину U-образного колена для различных телевизионных каналов можно взять из нижеследующей таблицы.

На рис. 6 показана УКВ антенна, называемая контурно-щелевой. Она состоит из прямоугольной рамки, представляющей собой активный элемент антенны, и рефлектора. Рефлектор выполнен из пяти трубок, образующих плоскую решетку.

Коэффициент усиления антенны равен примерно коэффициенту усиления трехэлементной антенны типа «волновой канал», однако полоса пропускания этой антенны шире.

Подключение кабеля производится к точкам *а* и *б* так, как показано на рис 4,*ж, з, и.*

Телевизионный канал	Длина U-образного колена *мм*
Первый	1 900
Второй	1 600
Третий	1 240
Четвертый	1 120
Пятый	1 030

Максимум излучения направлен перепендикулярно плоскости рамки.

Наибольшее распространение контурно-щелевая антенна с рефлектором имеет в радиолюбительском диапазоне 144—146 *Мгц.*

Нужно отметить, что если антенна расположена так, что плоскость рамки перепендикулярна земле, то структура излученного поля подобна структуре поля горизонтального вибратора (излучаются или принимаются только горизонтально поляризованные волны).

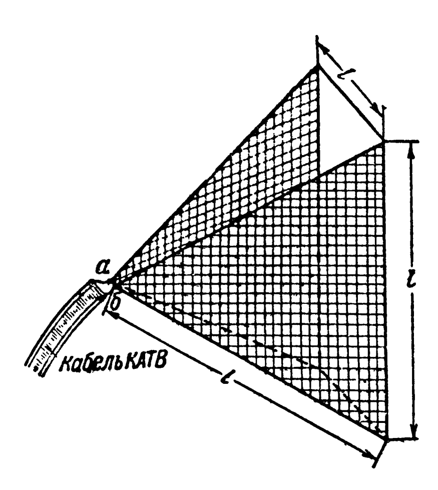


Рис. 8 Рупорная антенна (коэффициент усиления по напряжению при $l = 0,5\lambda$ равен 1,3, а при $l = \lambda$ равен 2,6).

В диапазоне 420—425 *Мгц* весьма удобны также антенна с уголковым отражателем (рис. 7) и одна из разновидностей рупорных антенн (рис. 8).

К антенне с уголковым отражателем кабель КАТВ следует подключать к точкам *а* и *б*.

Две боковые грани рупорной антенны покрыты металлической сеткой. Кабель подключается к точкам *а* и *б*.

ЛИТЕРАТУРА

Книги

А. П. Горшков, Как установить радиоприемник, издание второе, Связьиздат, 1952

Наряду со сведениями по эксплуатации и питанию радиоприемников приводятся сведения по устройству антенны и заземления.

Д. П. Линде, Антенно-фидерные устройства (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1953.

Книга содержит две части. Первая часть посвящена изложению общих вопросов антенной техники и является как бы теоретическим введением ко второй части. Здесь же выводятся соотношения, необходимые при проведении практических расчетов. Эта часть может быть использована для самообразования широким кругом радиолюбителей.

Во второй части приводится описание антенно-фидерных устройств промежуточных, коротких и ультракоротких волн, применяемых в радиолюбительской практике. Даются сведения по их параметрам, монтажу, настройке и регулировке.

И. П. Жеребцов, Книга сельского радиолюбителя, Изд-во ДОСААФ, 1955.

Глава 6 книги посвящена устройству антенны и заземления.

Л. М. Кокорин, В помощь сельскому радиолюбителю, издание второе, Связьиздат, 1955

Среди кратких практических советов сельским радиолюбителям рассказывается и об антенном устройстве.

С. Е. Загик и Л. М. Капчинский, Приемные телевизионные антенны (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1956.

В брошюре рассмотрены различные типы наружных и комнатных антенн, предназначенных для приема одной или нескольких программ телевизионного вещания.

Статьи

Н. В. Казанский, Антенны для диапазонов 144 и 420 *Мгц*, «Радио», 1956, № 5.

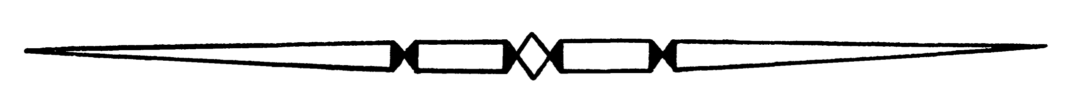
Д. Линде, Антенны для УКВ, «Радио», 1956, № 6.

Л. Капчинский, Телевизионные антенны, «Радио», 1956, № 1 и 2.



ГЛАВА СЕДЬМАЯ

ЭЛЕКТРОННЫЕ ЛАМПЫ



НЕМНОГО ИСТОРИИ[1]

Все чаще и чаще мы встречаем на страницах газет и журналов название «электроника».

Иногда этот термин употребляют самостоятельно, а часто и вместе со словом радио — «радиоэлектроника». Этим словом начали называть новую область науки и техники, являющуюся детищем радиотехники и развивающуюся необычайно быстро.

Что же представляет собой электроника?

Электроника является частью электротехники — науки, изучающей и использующей электрические явления во всем их многообразии. Тот раздел электротехники, который теперь называют электроникой, можно охарактеризовать как науку, изучающую и использующую потоки электрических зарядов, распространяющихся вне проводников — в вакууме или в пространстве, заполненном каким-либо газом, а также в полупроводниках.

В соответствии с этим определением к электронным приборам относятся главным образом такие приборы, в которых цепь проводников хотя бы в одном месте прерывается и пространство между двумя проводниками электрические заряды преодолевают, двигаясь в вакууме или газе и не встречая на своем пути таких препятствий, как при движении в проводнике. Кроме того, в электронных приборах поток зарядов, перемещающихся вне проводников, в большинстве случаев определенным образом формируется и управляется.

Это обстоятельство имеет чрезвычайно существенное значение. Масса электронов и других элементарных частиц, несущих электрические заряды, столь мала, что ее почти во всех случаях можно не принимать во внимание и считать эти заряды практически лишенными массы. Благодаря этому некоторые электронные приборы можно использовать как безинерционные реле, при помощи которых можно решать задачи, не осуществимые какими-либо другими средствами. В частности, подобные электронные реле дают возможность усиления слабых электрических колебаний во много миллионов раз.

Такие изумительные достижения техники, как современная радиосвязь, телевидение, радиолокация, не могли быть осуществлены без электронных приборов. Электронные приборы дали возможность создать точнейшие измерительные устройства, послать сигналы на Луну, проникнуть в глубины микромира и увидеть молекулы, начать исследования вселенной при помощи радиотелескопов и пр. Трудно назвать такую область современной науки и техники, которая обходится без прямого или косвенного участия электроники и электронных приборов.

Электроника как определенная отрасль техники ведет свою историю примерно с начала нашего века, но работы, открытия и изобретения, которые привели в конце концов к ее зарождению и развитию, можно проследить на протяжении всего прошлого столетия. Огромная доля в этих подготовительных работах и в развитии непосредственно электроники принадлежит ученым нашей страны.

Первое открытие, которое может быть вписано в историю электроники, было совершено на рубеже XVIII и XIX вв. В 1802 г. профессор физики В. В. Петров, экспериментируя с построенной им большой гальванической батареей, получил электрическую дугу. Прибор для получения электрической дуги явился первым электрическим прибором, в котором был осуществлен и использован перенос электрических зарядов через пространство между проводниками не в виде случайной кратковременной искры, а как постоянный рабочий процесс.

Крупнейшими событиями в предыстории электроники были изобретение в 1872 г. А. Н. Лодыгиным электрической осветительной лампы накаливания и изобретение в 1895 г. А. С. Поповым радио. Развитие радио-

[1] Е. А. Левитин, Электронные лампы, Госэнергоиздат, 1954.

техники послужило тем непосредственным стимулом, который привел к созданию электронных приборов, а производство электрических осветительных ламп явилось той материальной базой, на которой электронная техника стала развиваться.

Известную роль в истории электроники сыграл и американский изобретатель Т. Эдисон. Экспериментируя в 1883 г. с лампой накаливания, он заметил, что если в лампу впаять металлическую пластинку и присоединить электрическую батарею плюсом к этой пластинке, а минусом к нити накала и накалить эту нить, то через пространство нить — пластинка течет электрический ток. Эдисон описал это явление, запатентовал его, но объяснить сущность явления и найти ему практическое применение так и не смог.

В 1888 г. профессор Московского университета А. Г. Столетов исследовал явление внешнего фотоэффекта. Он глубоко изучил это явление и сформулировал его основные законы Столетов сделал и первые фотоэлементы. Работы Столетова послужили основой для создания современного «электрического глаза» — фотоэлемента, столь распространенного теперь электронного прибора, и привели к развитию таких важнейших отраслей техники, как телевидение, звуковое кино, фототелеграфия автоматика и др.

В числе основоположников электроники надо назвать Дж. Флеминга и Ли де Фореста. Флеминг первым применил электронную лампу с двумя электродами для радиоприема (в качестве детектора), а Ли де Форест коренным образом усовершенствовал радиолампу, введя в нее сетку.

В дальнейшем развитии электроники и электронных приборов, уже определившихся как новая отрасль техники, советские ученые сыграли крупную, а во многих случаях и ведущую роль. Многочисленные и чрезвычайно плодотворные разработки в этой области выполнил один из наших виднейших радиотехников М. А Бонч-Бруевич. Ему, в частности, принадлежит мировой приоритет в конструировании мощных генераторных ламп с водяным охлаждением для радиопередатчиков. Предложенная проф А. А Чернышевым идея устройства подогревного катода была использована во всех странах. Введение подогревных катодов коренным образом разрешило проблему дешевого и удобного питания аппаратуры с электронными лампами, в частности радиоприемников, от осветительной сети переменного тока

Крупнейшее значение для развития электроники и радиотехники имело изобретение специальных ламп для сверхвысоких частот: магнетрона, идея которого была предложена М. А. Бонч-Бруевичем и осуществлена Н. Ф. Алексеевым и Д. Е. Маляровым, и отражательного клистрона, созданного В. Ф. Коваленко. Магнетроны и клистроны являются сейчас основными лампами в новой области радиотехники — технике сверхвысоких частот.

Исключительно ценный вклад сделали наши ученые и в ту отрасль электроники, которую можно назвать оптической электроникой.

В 1907 г. Б. Л. Розинг предложил использовать электронно-лучевую трубку для телевидения, а в 1911 г. он воспроизвел принятое простое изображение на экране электронно-лучевой трубки.

Электронные приборы, получившие в настоящее время практическое распространение, чрезвычайно многочисленны и разнообразны.

В этой главе рассказывается о наиболее известных радиолюбителям и радиослушателям электронных приборах—электронных лампах и электронно-лучевых трубках. А в конце ее мы вкратце познакомим наших читателей и с соперниками электронных ламп — полупроводниковыми приборами.

ЭЛЕКТРОННАЯ ЛАМПА[1]

Это название прекрасно подчеркивает основную черту радиолампы как электронного прибора, работа которого построена на использовании движения электронов. В чем же заключается участие электронов в работе радиолампы?

В металлах имеется много полусвободных, т. е. слабо связанных с атомами электронов. Эти электроны находятся в постоянном движении, точно так же, как находятся в движении и все частицы вещества — атомы и молекулы. Движения электронов хаотичны; для иллюстрации такого хаотичного движения обычно приводят в качестве примера рой комаров в воздухе. Скорость движения электронов не мала, она в грубых цифрах равна примерно 100 *км/сек* — это раз в сто больше скорости винтовочной пули.

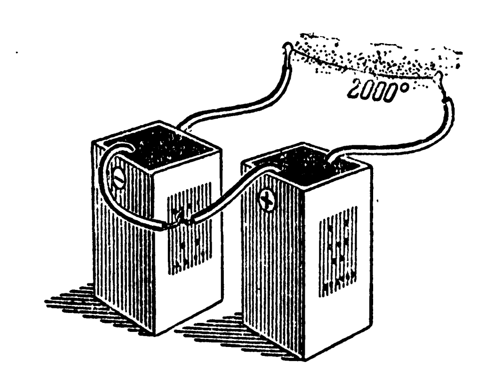
Но если электроны летают в металле в различных направлениях, как мошкара в воздухе, да еще с такими громадными скоростями, то они вероятно вылетают и за пределы тела.

На самом деле этого не происходит Те скорости, которыми обладают в нормальных условиях электроны, недостаточны для их вылета из толщи металла во внешнее пространство. Для этого нужны гораздо большие скорости.

---

[1] А. Горшков, «Радио», 1948, № 8.

ЭЛЕКТРОННАЯ ЭМИССИЯ. Каким же способом можно увеличить скорость движения электронов? Физика дает ответ на этот вопрос. Если нагревать металл, то скорость движения электронов возрастет и в конце концов может достичь того предела, когда электроны начнут вылетать в пространство. Нужная для этого скорость довольно велика. Например, для чистого вольфрама, из которого делают нити накала радиоламп, она равна 1 270 *км/сек*. Такой скорости электроны достигают при нагреве вольфрама до 2 000° и выше (здесь и дальше градусы указаны по абсолютной шкале).



При $t = 2000°$ вольфрам начинает испускать электроны.

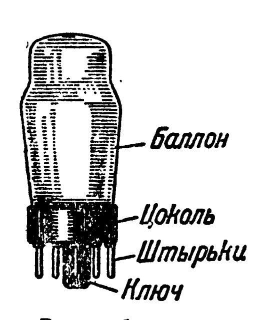
Испускание нагретым металлом электронов называется *термоэлектронной эмиссией*. Электронную эмиссию можно уподобить испарению жидкостей. При низких температурах испарения совсем не происходит или бывает очень мало. С повышением температуры испарение увеличивается. Бурное испарение начинается по достижении точки кипения.

Испарение жидкости и термоэлектронная эмиссия металлов — явления во многом сходные.

Для получения термоэлектронной эмиссии металл надо нагреть, причем способ нагревания не имеет значения. Но практически удобнее всего нагревать металл электрическим током. В электронных лампах нагреваемому металлу придают вид тонких нитей, накаливаемых электрическим током. Нити эти называются *нитями накала*, а нагревающий их ток—*током накала*.

Мы упоминали о том, что для получения эмиссии надо нагреть металл до очень высокой температуры — примерно до 2 000° и даже выше. Такую температуру выдерживает далеко не каждый металл, большинство металлов при такой высокой температуре плавится. Поэтому нити накала можно делать только из очень тугоплавких металлов, обычно их делают из вольфрама.

В первых образцах электронных ламп применялись чисто вольфрамовые нити накала. При температуре, нужной для получения эмиссии, вольфрамовые нити накаливались до белого свечения, отчего и произошло, между прочим, название «лампа». Однако, такая иллюминация обходится очень дорого. Чтобы накалить нить лампы до белого каления, нужен сильный ток. Маленькие приемные лампы с чисто вольфрамовой нитью накала потребляли ток накала в полампера.



Внешний вид электронной лампы.

Но скоро был найден путь уменьшения тока накала. Исследования показали, что если покрыть вольфрам некоторыми другими металлами или их соединениями, то вылет электронов облегчается. Для вылета требуются меньшие скорости, следовательно, требуется и меньший нагрев нити, значит, такая нить будет потреблять меньший ток накала. Мы не станем приводить здесь истории постепенного совершенствования нитей, а сразу укажем, что современные оксидированные нити накала работают при температурах около 1 100—1 200°. В связи с этим удалось снизить ток накала примерно в десять раз — современный десятиламповый приемник потребляет примерно такой же ток накала, как приемник, имевший всего лишь одну лампу старого образца.

Процесс покрытия нитей накала облегчающими эмиссию составами называется *активированием*, а самые нити носят название *активированных*.

Активированные нити накала хороши во всех отношениях, кроме одного: они боятся перекала, т. е. повышенного против нормы нагрева.

Если активированную нить перекалить, то нанесенный на нее слой активирующего вещества улетучится, вследствие этого нить потеряет способность испускать электроны при низкой температуре. Про такую лампу говорят, что она «потеряла эмиссию». Нить накала такой лампы цела, лампа «горит», но не работает. Об этом обстоятельстве следует помнить и никогда не допускать, чтобы напряжение накала лампы превосходило нормальную величину.

Конечно, потерявшую эмиссию лампу можно было бы заставить работать, доведя накал ее нити до белого свечения. Но нити современных ламп делаются очень тонкими, и так как



Давление воздуха внутри баллона радиолампы примерно в 10 миллиардов раз меньше атмосферного давления.

при белом калении металл нити довольно быстро распыляется, тонкая нить скоро перегорает.

ВАКУУМ. Каждый, кто видел радиолампу, знает, что она заключена в стеклянный или металлический баллон, из которого выкачан воздух. Внутри баллона воздух чрезвычайно разрежен. Давление воздуха на поверхности земли, т. е. давление в одну атмосферу, соответствует, примерно 760 *мм* рт. ст., а давление воздуха внутри баллона радиолампы составляет всего лишь около 10^{-7} *мм* и даже меньше, т. е. примерно в десять миллиардов раз меньше атмосферного давления. Такую степень разреженности называют ***высоким вакуумом*** (вакуум — значит пустота).

Для чего нужен вакуум в радиолампе?

Во-первых, он нужен для сохранения нити накала.

Если бы нить накала, нагретая почти до тысячи градусов, находилась просто в воздухе, то она бы очень скоро перегорела. Нагретые тела быстро окисляются кислородом воздуха.

Во-вторых, вакуум нужен для беспрепятственного движения вылетающих из нити электронов.

Работа радиолампы основана на использовании электронов, вылетающих из нити накала. Однако для того, чтобы можно было как следует использовать электроны, надо, чтобы они не встречали на своем пути никаких препятствий Воздух же является таким препятствием.

Молекулы и атомы газов, входящих в состав воздуха, в несметном количестве окружают нить накала и препятствуют полету электронов. Для того чтобы уменьшить возможность столкновения электронов с частицами газов, воздух внутри баллона разрежают.

Особую роль играют в создании вакуума так называемые «геттеры», или поглотители.

Дело в том, что при массовом производстве ламп было бы слишком долго и невыгодно доводить вакуум в них до требуемой степени при помощи насосов.

Поэтому поступают иначе. При помощи насосов производят лишь предварительное, так сказать, черновое, разрежение воздуха в лампе. Давление доводят до одной тысячной или даже только до одной сотой миллиметра ртутного столба. А для устойчивой работы лампы необходимо, чтобы давление в ней было меньше одной миллионной миллиметра ртутного столба. Чтобы получить это высокое разрежение, в лампе распыляют вещество, которое обладает способностью жадно поглощать газы. Таким свойством обладают, например, металлы магний, барий и некоторые соединения.

Чтобы распылить геттер в лампе со стеклянной оболочкой, к ней подносят катушку, питаемую током высокой частоты. Укрепленная на никелевой пластинке внутри лампы таблетка геттера раскаляется и испаряется. Пары ее оседают на стекле и образуют тот серебристый (при магниевом геттере) или темнометаллический налет (при геттере из бария), который мы видим у большинства стеклянных радиоламп. Этот металлический налет жадно поглощает все остатки газов, и давление в лампе падает до миллионной доли миллиметра ртутного столба, что уже вполне достаточно для устойчивой и надежной работы лампы.

В среде столь разреженного газа электроны распространяются практически беспрепятственно. При движении внутри лампы не больше чем один электрон из миллиона встречается на своем пути с молекулой газа.

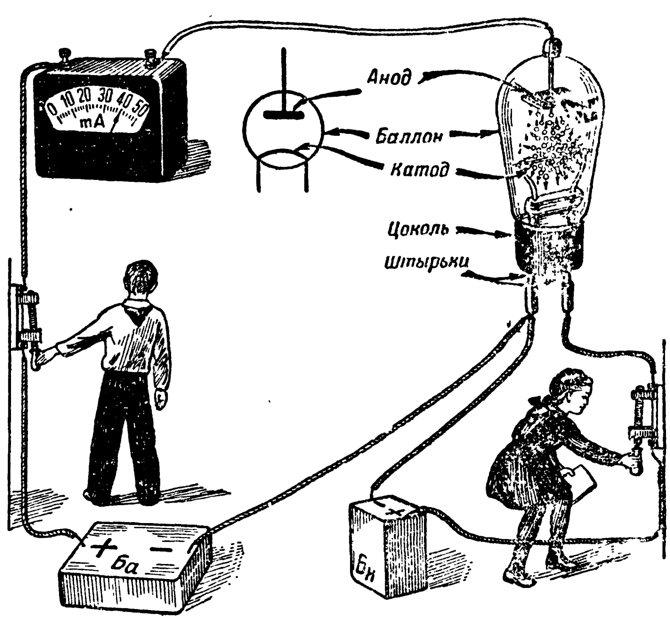
ДВУХЭЛЕКТРОДНАЯ ЛАМПА[1]

Простейшей электронной лампой является диод. Слово «диод», основой которого служит греческий корень «ди» — два, означает, что в этой лампе имеются два электрода.

Первый из этих электродов — это катод, служащий для получения потока электронов и необходимый в каждой электронной лампе, к какому бы типу она ни относилась. Вторым электродом является металлическая пластинка — анод. Таким образом, диод — двухэлектродная электронная лампа — представляет собой стеклянный или металлический баллон, из которого выкачан воздух и внутри которого находятся катод и анод. От этих электродов сквозь стенки баллона проходят выводы. Если

[1] Е. А. Левитин, Электронные лампы, Госэнергоиздат, 1954.

баллон стеклянный, то выводы впаиваются в стекло. Если же баллон металлический, то выводы можно сделать, например, через стеклянные бусинки, впаянные в металл. От анода делается один вывод. От катода делаются два вывода. В случае катода прямого накала выводы делают от концов нити. Если катод подогревный, то от него делают три вывода: два от подогревающей нити и один от излучающего слоя, т. е. от собственно катода.



Внутри баллона лампы создается очень высокий вакуум, вполне достаточный для того, чтобы электроны могли беспрепятственно вылетать из раскаленного катода. Поэтому, если катод диода нагреть до нужной температуры, то начнется электронная эмиссия и электроны образуют вокруг катода своего рода электронное облачко. Образование этого облачка объясняется тем, что электроны, вылетающие из катода, испытывают отталкивающее действие со стороны ранее вылетевших электронов, поэтому они не могут отлететь на значительное расстояние от катода. Часть электронов, имеющих наименьшие скорости, падает обратно на катод. В конце концов электронное облачко стабилизируется: на катод падает столько же электронов, сколько из него вылетает. Облачко представляет собой запас свободных электронов в вакууме, пригодный для использования.

Второй находящийся в баллоне диода электрод — анод предназначается для использования электронов, вылетающих из катода и для управления ими. С этой целью к катоду и аноду лампы подводится электрическое напряжение, например, от батареи.

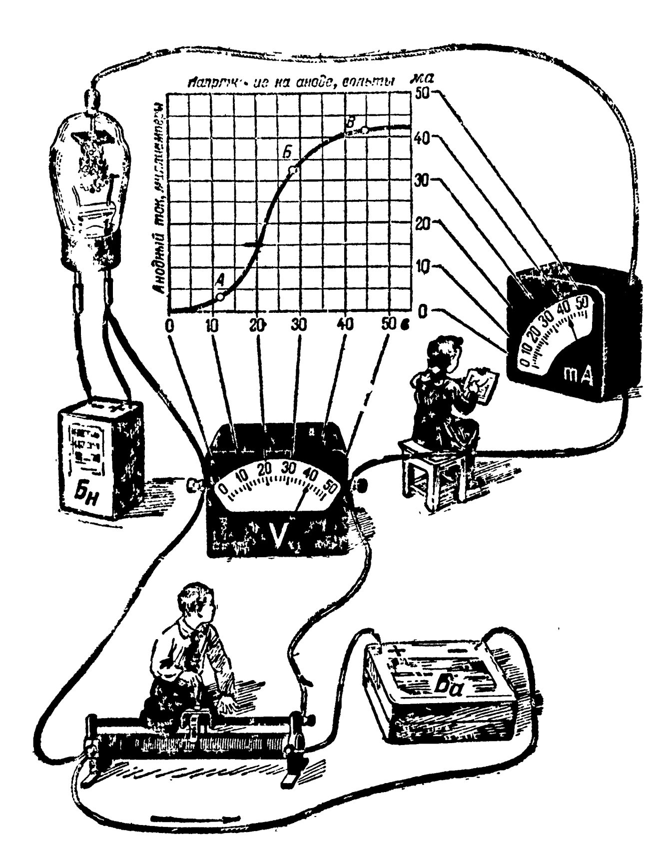
Очевидно, это напряжение можно подвести к лампе двумя способами: минус источника напряжения к катоду и плюс к аноду, или наоборот. Если мы присоединим плюс источника напряжения к катоду, а минус к аноду, то электроны, вылетающие из катода и сконцентрированные в окружающем его электронном облачке, не будут использованы. Отрицательно заряженный анод будет отталкивать электроны.

Иначе будет обстоять дело тогда, когда мы присоединим плюс источника напряжения к аноду, а минус — к катоду и одновременно в цепь батареи включим миллиамперметр. При таком присоединении миллиамперметр отметит прохождение тока. Этот ток будет течь по следующей цепи: батарея — катод лампы — пространство между катодом и анодом лампы — миллиамперметр—батарея. Ток в цепи возникает тогда, когда плюс батареи присоединен к аноду, а минус — к катоду. Этим и объясняется название второго электрода лампы: «анод» (в электротехнике анодом принято называть электроды, соединенные с положительным полюсом источника тока, а катодом — соединенные с отрицательным полюсом). В соответствии с этим текущий через лампу ток, образованный потоком электронов, несущихся от катода к аноду, называют **анодным током**. Анодный ток обозначается обычно символом i_a, а напряжение на аноде — символом U_a. В отличие от него напряжение накала лампы обозначается символом. $U_н$.

Чем же определяется величина i_a?

Чтобы ответить на этот вопрос, произведем такой опыт. Раскалим катод до нужной температуры и будем подавать на анод положительное напряжение, начиная с самого небольшого и постепенно увеличивая его. При каждом изменении анодного напряжения будем по миллиамперметру отмечать величину тока в цепи. Если мы затем по записанным отсчетам построим график, откладывая на горизонтальной оси величины напряжения на аноде, а на вертикальной — соответствующие величины анодного тока, то получим кривую, подобную изображенной на рисунке.

При отсутствии анодного напряжения, т. е. при $U_a = 0$, электроны к аноду не притягиваются, анодный ток будет равен нулю ($i_a = 0$). Анодный ток возникнет после того, как на анод будет подано положительное напряжение. По мере его увеличения анодный ток будет возрастать, причем рост его вначале до точки A идет медленно, а затем быстрее. Такое быстрое возрастание тока продолжается, пока он не достигнет некоторого значения, со-



ответствующего точке *Б* При дальнейшем повышении анодного напряжения рост анодного тока замедляется. Наконец, в точке *В* он достигает наибольшей величины. Дальнейшее повышение анодного напряжения уже не сопровождается увеличением анодного тока.

Кривая, показывающая зависимость величины анодного тока двухэлектродной лампы от напряжения на ее аноде, называется характеристикой лампы и служит для технических расчетов, связанных с использованием лампы.

Чем же объясняется такая форма характеристики диода?

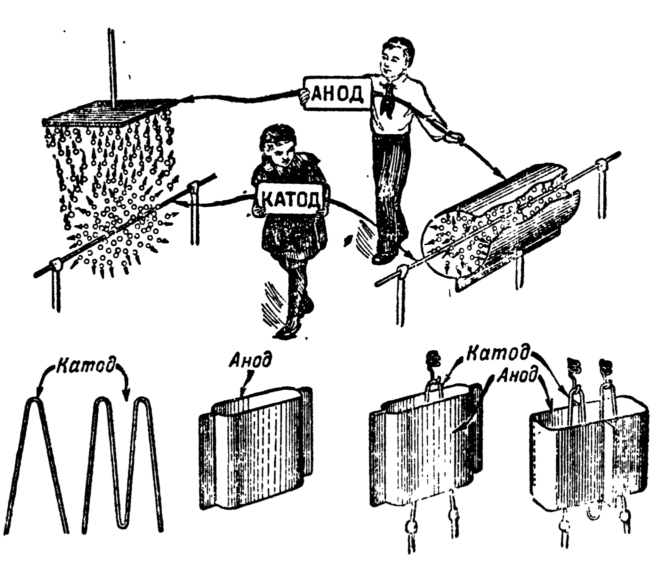
Чтобы понять это, проследим за происходящими в лампе процессами.

Вначале при отсутствии напряжения на аноде все излучаемые катодом электроны скапливаются вокруг него, образуя электронное облачко. При появлении на аноде небольшого положительного напряжения некоторые электроны, обладающие большей скоростью, чем остальные, начинают отрываться от облачка и устремляются к аноду, создавая небольшой анодный ток. По мере увеличения анодного напряжения все большее количество электронов будет отрываться от облачка и притягиваться анодом. Наконец, при достаточно большом напряжении на аноде все электроны, окружающие катод, будут притянуты, электронное облачко совершенно «рассосется». Этот момент соответствует точке *В* характеристики лампы. При таком анодном напряжении все вылетающие из катода электроны будут немедленно притягиваться анодом. Дальнейшее увеличение анодного тока при данной величине накала невозможно. Для этого нужны дополнительные электроны, а их взять негде. Вся эмиссия катода исчерпана.

Анодный ток такой величины, какая устанавливается при полном использовании всей эмиссии катода, называется **током насыщения**. Увеличить ток насыщения можно только одним способом — повысить накал катода, но этот способ не применяется, потому что он сокращает срок службы катода.

До сих пор мы говорили об аноде как о металлической пластинке, находящейся внутри баллона лампы и имеющей вывод наружу. Делать анод действительно в виде пластинки было бы невыгодно, так как катод излучает электроны во всех направлениях, а пластинку можно поместить только с одной его стороны. В практических конструкциях диодов анод обычно имеет форму цилиндра, окружающего катод. При таком устройстве лампы все излучаемые катодом электроны с одинаковой силой притягиваются анодом.

Цилиндрическая форма анода наиболее выгодна тогда, когда катод имеет прямолинейную форму. Если катод имеет вид латинских букв V или W, что часто делается для увеличения его длины, то анод оказывается более выгодным делать в виде коробки без двух противоположных боковых стенок. Такой анод в сечении имеет прямоугольную форму, часто с закругленными углами.



ТРИОДЫ[1]

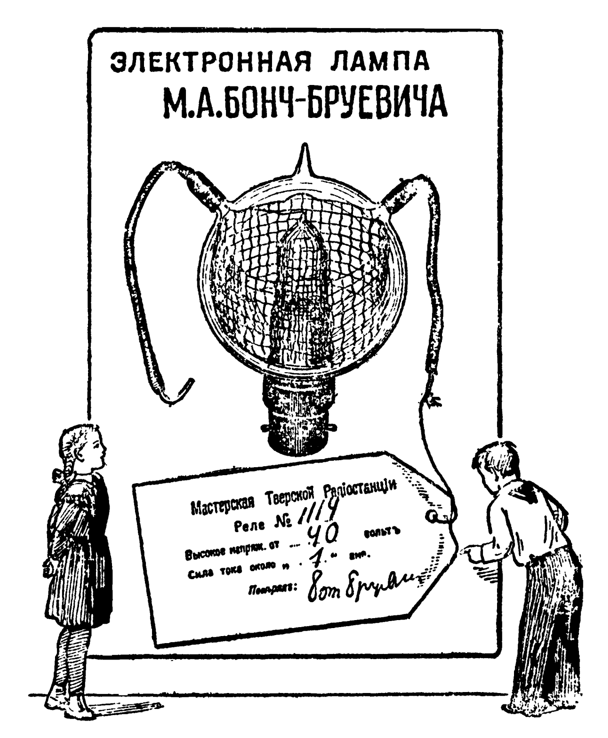
Электронные лампы приобрели свои исключительно ценные свойства лишь после того, как в диод был введен третий электрод — **с е т к а**. Введение в диод сетки коренным образом изменило весь характер работы лампы и открыло перед ней огромные возможности. Сетка помещается между катодом и анодом.

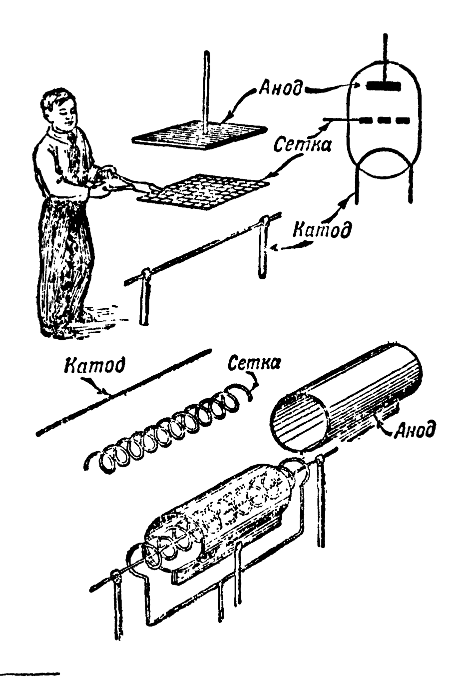
Название «сетка» объясняется тем, что в первых триодах этот электрод действительно представлял собой сетку или решетку. В дальнейшем сетку начали делать в виде соленоида или винтовой линии, окружающих катод, но первоначальное название «сетка» удержалось за этим электродом до настоящего времени.

Какую же роль выполняет сетка?

Работа триода, как всякой электронной лампы, основана на существовании электронного потока между катодом и анодом. Сетка находится между этими электродами, поэтому электроны, устремляющиеся от катода к аноду, встречают ее на своем пути и сетка управляет количеством электронов, летящих к аноду.

Разумеется, сетку нельзя рассматривать как механическое препятствие для электронов. Промежутки между витками сетки, как бы густа она ни была, всегда будут огромны по сравнению с размерами электронов. Если, например, представить себе электрон в виде футбольного мяча, то расстояния между витками





сетки в том же масштабе будут равны расстоянию между планетами нашей вселенной.

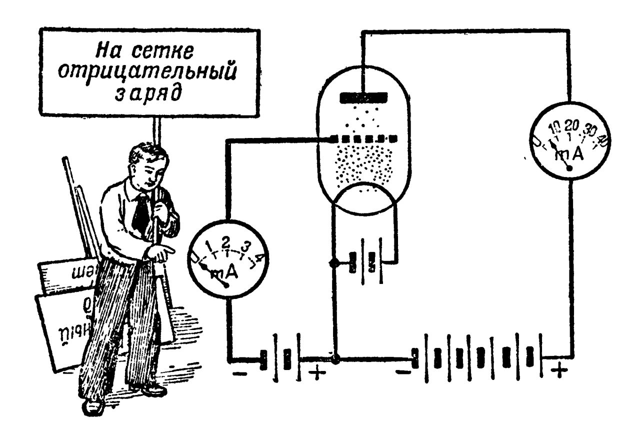
Сетка, как и другие электроды, имеет вывод наружу. Посмотрим, изменится ли что-либо в работе лампы, если вывод сетки присоединить к катоду. При таком соединении сетка приобретает потенциал катода. Между сеткой и катодом не будет никакого электрического поля, поэтому витки сетки окажут очень слабое действие на электроны, летящие от катода к аноду. Возможно, что отдельные электроны, столкнувшиеся с витками сетки, застрянут на них. Но в этом случае сетка зарядится отрицательно по отношению к катоду и излишние электроны немедленно стекут с нее на катод по соединительному проводнику, выравнивая, таким образом, потенциалы сетки и катода.

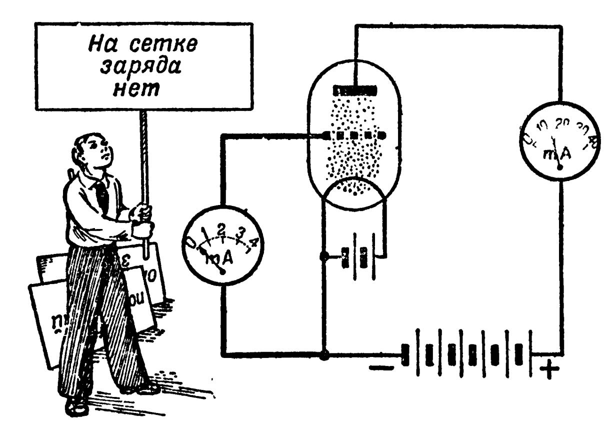
Положение резко изменится, если сообщить сетке какой-либо потенциал относительно катода. Осуществить это можно, включив, например, между катодом и сеткой батарею.

Если батарея окажется включенной так, что сетка зарядится отрицательно, то она начнет отталкивать летящие электроны обратно к катоду. Если в анодную цепь лампы включен измерительный прибор, то он зарегистрирует уменьшение анодного тока. Прорываться к аноду сквозь сетку смогут лишь те электроны, которые обладают достаточно большой энергией, т. е. достаточно большой скоростью.

При большом отрицательном напряжении на сетке даже те электроны, которые обла-

[1] Е. А. Левитин, Электронные лампы, Госэнергоиздат, 1951.





дают наибольшей скоростью, не смогут преодолеть ее отталкивающее действие и будут повернуты назад к катоду. Анодный ток прекратится. Лампа, как говорят, будет «заперта».

Если батарею (которую мы назовем сеточной) присоединить так, что сетка будет заряжена положительно относительно катода, то возникшее между катодом и сеткой электрическое поле станет ускорять движение электродов. В этом случае прибор в цепи анода покажет увеличение анодного тока. Теперь смогут достигать анода и те электроны, которые при вылете из катода обладали малой скоростью и без помощи сетки не смогли бы преодолеть путь до анода.

Чем выше положительный потенциал сетки, тем больше она способствует увеличению скорости электронов, излучаемых катодом. В соответствии с этим возрастает и анодный ток. При этом, разумеется, некоторая часть электронов притягивается и к сетке, но при правильной конструкции лампы количество этих электронов невелико по сравнению с общей эмиссией катода. Подавляющее число электронов вследствие притяжения сеткой получает столь большое ускорение, что проскакивает через промежутки между ее витками и устремляется к аноду, притяжение которого еще больше ускоряет их. Лишь те электроны, которые на своем пути сталкиваются непосредственно с витками сетки или оказываются в непосредственной близости от них, притянутся к сетке и создадут в ее цепи ток, получивший название сеточного тока.

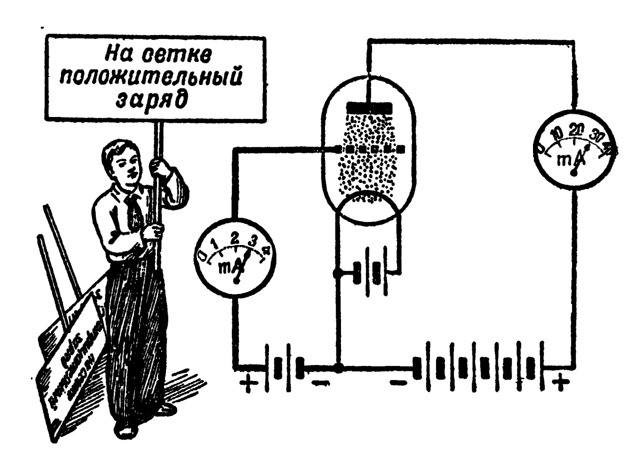
Однако по мере увеличения напряжения на сетке количество притягиваемых ею электронов увеличивается, и при большом напряжении сеточный ток может стать очень большим.

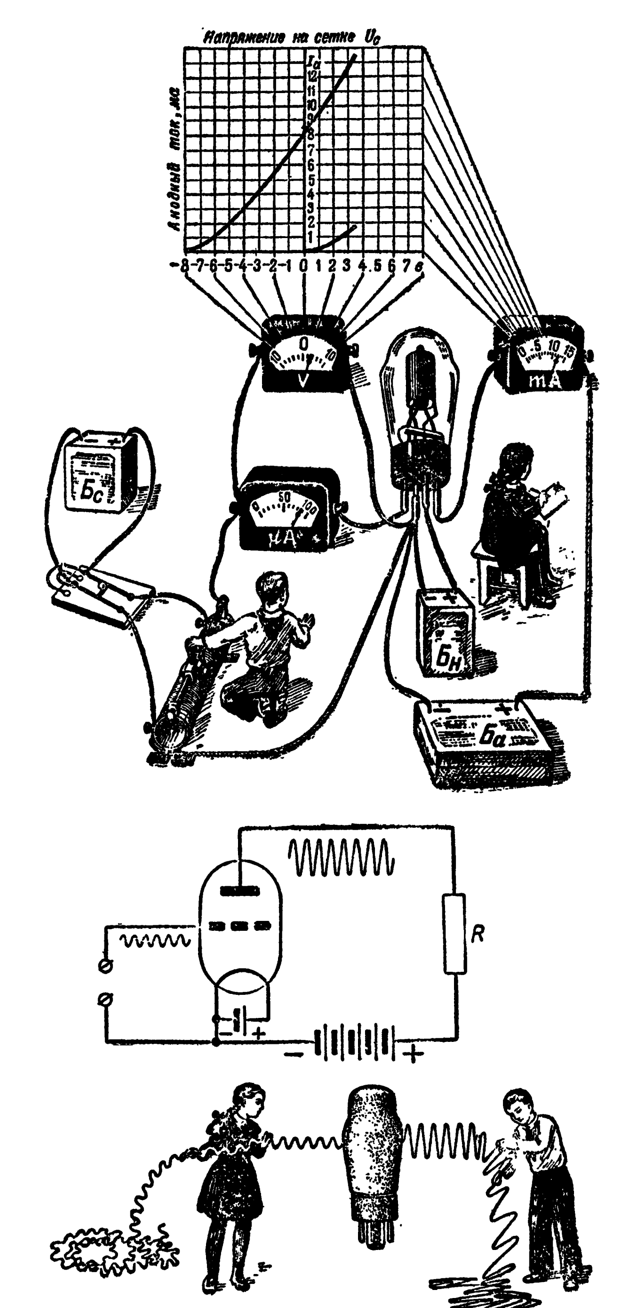
Процессы, происходящие в цепях анода и сетки трехэлектродной лампы, можно наглядно показать при помощи графика. На горизонтальной оси графика откладывается сеточное напряжение в вольтах, а по вертикальной — величина анодного тока в миллиамперах. Точка пересечения осей, т. е. начало координат, соответствует нулевому потенциалу сетки. Вправо от нее откладывается положительное напряжение, влево — отрицательное. (см. стр. 113).

Для получения данных, нужных для построения графика, соберем схему, которая даст возможность изменять по желанию напряжение на сетке при неизменном напряжении на аноде и, разумеется, при неизменном напряжении накала. Отложив на графике величины анодного тока, соответствующие различным значениям напряжения на сетке, в виде кривой, мы получим так называемую х а р а к т е р и с т и к у т р и о д а, показывающую зависимость анодного тока лампы от величины и знака напряжения на сетке.

При некотором отрицательном напряжении на сетке анодный ток прекращается — становится равным нулю. Эта точка считается началом характеристики, так как достаточно самого малого уменьшения отрицательного напряжения на сетке, чтобы анодный ток возник. На приведенном для иллюстрации графике этой точке соответствует напряжение на сетке, равное — 8 *в*.

На графике изображена и характеристика сеточного тока, который начинается примерно при нулевом напряжении сетки и возрастает по мере увеличения положительного напряжения на ней. Влево от нуля, в области отрицательных напряжений на сетке, ток в ее цепи отсутствует. Однако анодный ток в этой области имеется и величина его зависит от значения отрицательного потенциала сетки. Сетка управляет величиной анодного тока, не потребляя на себя никакого тока, т. е. не потребляя энергии. Она ведет себя как электрическая заслонка, регулирующая доступ электронов к аноду лампы, но не расходующая энергии на свою работу. Это обстоятельство вместе с уже





отмеченным ранее мгновенным изменением величины анодного тока при изменениях напряжения на сетке представляет собой замечательную особенность электронных ламп с сеткой, обеспечивающую им самые разнообразные применения.

На использовании управляющего действия сетки и основана способность лампы усиливать подводимую к ней мощность. Увеличивая или уменьшая напряжение на сетке, мы тем самым заставляем анодный ток соответственно ослабляться или возрастать, причем изменения анодного тока происходят в полном соответствии с изменениями величины напряжения на сетке. Если при этом включить в анодную цепь лампы нагрузку — некоторое сопротивление нагрузки *R*, то анодный ток, проходя по нему, будет создавать на нем падение напряжения. Любое увеличение или уменьшение анодного тока приведет к изменению величины падения напряжения на нагрузке. Но мы уже знаем, что изменения анодного тока в свою очередь имеют такую же форму, как и переменное напряжение на сетке; поэтому и форма изменения напряжения на анодной нагрузке будет такой же. Однако при этом изменения напряжения на анодной нагрузке будут во много раз больше по величине, потому что малые изменения напряжения на сетке создают большие изменения величины анодного тока при условии, что сопротивление нагрузки в анодной цепи лампы имеет достаточно большую величину.

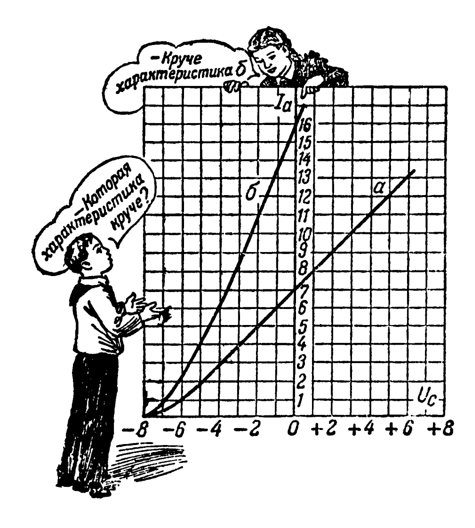
Колебания напряжения на анодной нагрузке будут представлять собой как бы увеличенную фотографию колебаний напряжения на сетке.

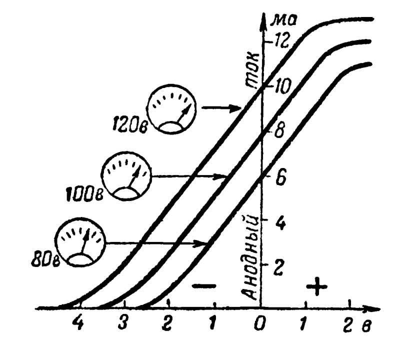
Наклон характеристики у различных ламп неодинаков. У одних характеристика идет круче, у других — более полого. Очевидно, что чем круче поднимается характеристика, тем сильнее будут сказываться изменения сеточного напряжения на величине анодного тока и, следовательно, тем больше будет усиление лампы.

Из этого можно сделать вывод, что чем круче характеристика лампы, тем большими усилительными способностями она обладает.

Количественно крутизна характеристики лампы оценивается величиной изменения анодного тока в миллиамперах при изменении сеточного напряжения на 1 *в*. Поэтому и выра-

8 Зак. 1371.





Семейство сеточных характеристик.

жается она в миллиамперах на вольт (сокращенно *ма/в*).

До сих пор мы считали напряжение на аноде постоянным. Но при увеличении этого напряжения анодный ток возрастает, а при понижении — уменьшается. Это приводит к необходимости снимать и, следовательно, вычерчивать не одну характеристику, а несколько — по одной для каждого выбранного значения анодного напряжения. Так получается *семейство характеристик,* в котором характеристики, соответствующие более высоким анодным напряжениям, располагаются выше и левее характеристик, снятых при меньших анодных напряжениях. На большей части своей длины все характеристики оказываются параллельными.

Есть две возможности влиять на величину анодного тока: изменением напряжения на сетке и изменением напряжения на аноде. В первом случае требуются меньшие изменения, так как сетка находится ближе к катоду, чем анод, и поэтому изменения ее напряжения значительно сильнее влияют на электронный поток. Число, показывающее, во сколько раз изменение напряжения на сетке при прочих совершенно одинаковых условиях сильнее влияет на величину анодного тока, чем такое же изменение напряжения на аноде, называется *коэффициентом усиления лампы.* Так, например, если увеличение напряжения на аноде лампы, допустим на 20 *в,* вызывает такое же изменение анодного тока, как изменение напряжения сетки всего лишь на 1 *в,* то это значит, что коэффициент усиления данной лампы равен 20. Да это и понятно, потому что в данном случае влияние сетки на анодный ток будет в 20 раз сильнее влияния анода.

Зная величину коэффициента усиления, можно оценить усилительные свойства лампы, определить, во сколько раз более сильные электрические колебания возникнут в анодной цепи, если к сетке подвести относительно слабые электрические колебания. Только введение сетки в лампу позволило создать прибор, во много раз усиливающий слабые электрические колебания.

ГДЕ СКРЫТО СОПРОТИВЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОННОЙ ЛАМПЫ[1]

В каждом современном радиоприемнике или телевизоре работают электронные лампы. Каждая из них потребляет от источника питания анодный ток.

Чем опрделяется величина этого тока?

Вопрос как будто нетрудный. Величина тока в цепи равна величине подведенного к ней напряжения, деленной на величину сопротивления цепи. Если к электронной лампе подвести, допустим, 100 *в*, приложив плюс к аноду, а минус к катоду, то через лампу потечет ток, величина которого определится сопротивлением лампы.

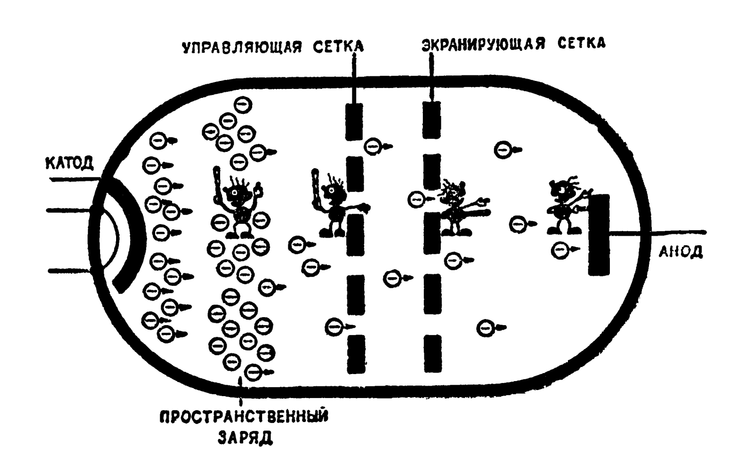
Но тут-то нас и подстерегают неожиданные трудности. В самом деле, о каком сопротивлении лампы может идти речь. Пространство между катодом и анодом лампы пусто.

Действительно, омметр, присоединенный к аноду и катоду лампы с ненакаленным катодом, покажет бесконечность. Ток, приводящий в движение стрелку омметра, не может пройти через пустоту. Но это не значит, что пустота — изолятор. Наш опыт с омметром дал отрицательные результаты не потому, что электрические заряды не могли двигаться в пустоте, а потому, что в этой пустоте не было зарядов, там нечему было двигаться. Заряды, находящиеся в пустоте, движутся не встре-

[1] Л. В. Кубаркин, Е. А. Левитин, Занимательная радиотехника, Госэнергоиздат, 1956.

чая никакого сопротивления. Надо только помочь зарядам проникнуть в пустоту с некоторой скоростью. Накаливая катод, мы это и делаем. Мы выталкиваем заряды — в данном случае электроны — из катода в пустоту.

Пожалуй, нам удалось опровергнуть версию об изоляционных свойствах пустоты и доказать, что она представляет собой сверхпроводник, не имеющий сопротивления, но... от этого не стало легче. Если пустота — изолятор, то ток через лампу не потечет; если же пустота не оказывает движению зарядов никакого сопротивления, то при присоединении к лампе батареи в цепи должен установиться ток, величина которого определится только электродвижущей силой батареи и ее внутренним сопротивлением. Другими словами, при присоединении к батарее лампы через нее должен течь ток, равный по величине току короткого замыкания батареи. Если наша батарея— аккумулятор, то в цепи может возникнуть ток в сотни и тысячи ампер.



Но мы знаем, что этого не происходит. Анодный ток приемно-усилительных ламп измеряется миллиамперами или десятками миллиампер. Это значит, что в лампе есть не учитываемое нами сопротивление величиной в тысячи или десятки тысяч омов.

Что же это за сопротивление и где оно скрывается?

Надо сказать прямо: никакого сопротивления в обычном физическом смысле, т. е. никакого «омического» сопротивления, у лампы нет. Электрическим сопротивлением называется сопротивление среды движению электрических зарядов. Такого сопротивления у лампы нет (мы, разумеется, пренебрегаем сопротивлением штырьков, вводных проводничков, катода и материала анода). Причины, определяющие величину тока в цепи лампы, не имеют ничего общего с тем сопротивлением, которое определяет ток в формуле Ома для токов в проводниках.

Величина тока определяется, как известно, количеством электронов, проходящих в течение секунды через поперечное сечение проводника. В металлических и иных проводниках в образовании тока принимает участие большинство имеющихся в них электронов. Ведь электрический ток возникает в проводнике в результате появления электрического поля, которое воздействует на все без исключения электрические заряды. Поэтому величина тока зависит только от скорости движения электронов: чем интенсивнее поле (определяемое числом вольт на сантиметр), тем быстрее будут двигаться электроны и тем, следовательно, больше их будет проходить в течение секунды через поперечное сечение проводника. Совершенно естественно, что при этом через любое сечение цепи проходит одинаковое количество электронов: ток одинаков в любом участке цепи.

Иначе обстоит дело в цепи электронной лампы. Здесь есть участок — грань между катодом и внутриламповым пространством, через которую может пройти только такое количество электронов, которое определяется эмиссионными способностями катода и его температурой. Если в образовании анодного тока принимают участие все излучаемые катодом электроны, то дальнейшее увеличение анодного тока невозможно. Можно повышать анодное напряжение, но анодный ток от этого не увеличится.

В действительных условиях работы лампы вся эмиссия катода не используется; фактический анодный ток лампы бывает меньше тока эмиссии катода. Излучаемые катодом электроны образуют электронное «облачко», имеющее отрицательный заряд и отталкивающее обратно к катоду те из вылетающих из него электронов, которые обладают малой скоростью. Величина анодного тока зависит от интенсивности этого пространственного заряда, она зависит от знака и величины напряжения на управляющей сетке и других сетках лампы. Увеличивая отрицательное напряжение на управляющей сетке, мы тем самым уменьшаем анодный ток. Внешне это воспринимается как увеличение сопротивления лампы.

Таким образом, у электронной лампы нет сопротивления в обычном понимании этого слова, сопротивления, обусловливаемого физическими свойствами проводника электрического тока. Наибольшая величина анодного тока определяется эмиссией катода, а в пределах, ограниченных эмиссией катода, величи-

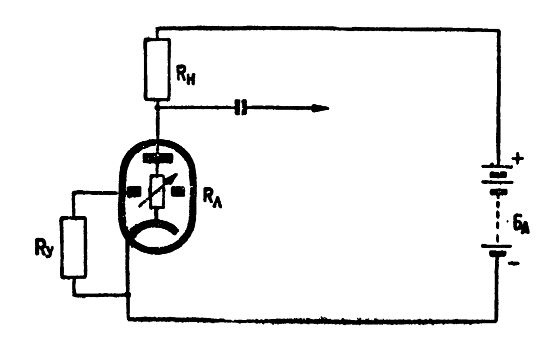
на тока определяется рядом причин: конструкцией лампы, напряжением на ее электродах и пр.

ПОЧЕМУ ЛАМПА УСИЛИВАЕТ[1]

Для объяснения усилительных свойств электронной лампы принято пользоваться сравнением с реле — устройством, которое приводится в действие при затрате малой мощности, а само управляет цепями, в которых действует много бо́льшая мощность.

Однако сравнение лампы с реле неудачно, так как работу лампы нельзя свести к действиям простого реле, включающего и выключающего цепь, и — что главное — оно никак не способствует пониманию смысла и значения ламповых параметров.

Значительно понятнее и гораздо ближе к действительности сравнение электронной лампы с переменным сопротивлением.



Электрическая цепь усилительного каскада состоит из источника тока, лампы и нагрузочного сопротивления (источник питания накала лампы, как не имеющий принципиального значения, можно не принимать во внимание). Величина тока, который устанавливается в этой цепи, зависит от напряжения источника тока, сопротивления нагрузки и сопротивления лампы.

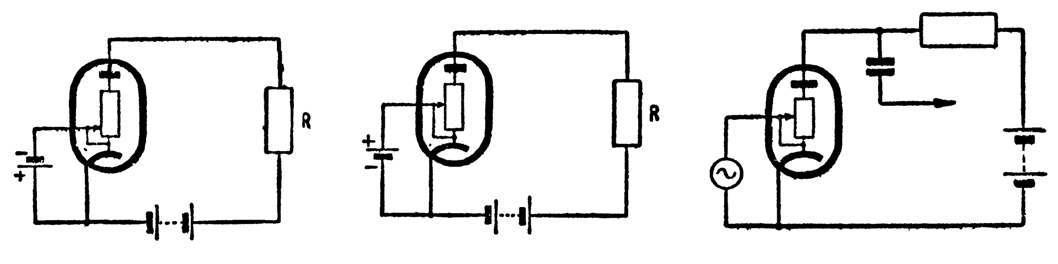
Это сопротивление лампы, как уже было показано, особенное. Ее физический смысл не тот же, что у проводниковых или полупроводниковых сопротивлений. Сопротивление лампы определяется рядом условий, от которых зависит величина тока, текущего через лампу при данном подведенном к ней напряжении. Кроме того, сопротивление это переменное. Его величина в рабочих условиях зависит от потенциала управляющей сетки. Увеличился отрицательный потенциал сетки — увеличилось и сопротивление лампы. Текущий через нее ток в соответствии с этим уменьшился.

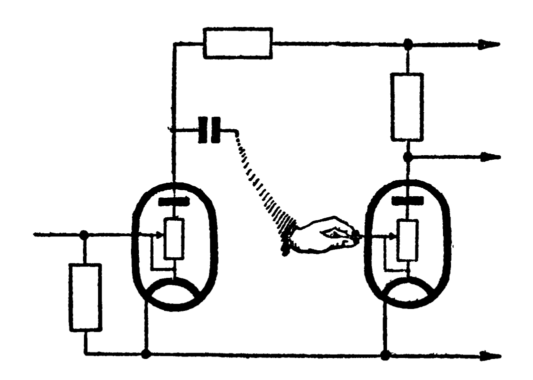
Переменное сопротивление — лампа обладает двумя замечательными свойствами. Во-первых, на изменение потенциала ее сетки в большинстве случаев не нужно затрачивать мощность. Присоединенный к сетке лампы источник переменного напряжения создает в цепи сетки только токи ее заряда и разряда. Эти токи микроскопически малы, и с ними можно не считаться. Во-вторых, изменения сопротивления лампы на всех частотах, кроме разве сверхвысоких, мгновенно следуют за изменениями потенциала ее сетки. Лампа представляет собой переменное сопротивление, изменение величины которого происходит мгновенно и без затраты мощности. Управляющая сетка лампы действует как движок переменного сопротивления.

Обратимся к простейшей схеме усилительного каскада. Лампа, сопротивление нагрузки и источник анодного напряжения соединены последовательно. Напряжение источника распределится в цепи согласно закону Ома пропорционально сопротивлениям ее отдельных участков. Часть напряжения будет падать на сопротивление нагрузки, часть — на сопротивление лампы. При изменении потенциала сетки сопротивление лампы изменится и в цепи произойдет соответственное перераспределение напряжений. Если, например, потенциал сетки вместо отрицательного стал положительным, то сопротивление лампы станет меньше. В соответствии с этим падение напряжения на анодной нагрузке возрастет, а на сопротивлении лампы уменьшится. Но сумма этих падений напряжения в каждый момент остается равной напряжению анодной батареи или выпрямителя.

При подаче на сетку лампы переменного напряжения, изменяющегося по любому зако-

[1] Л. В. Кубаркин, Е. А. Левитин, Занимательная радиотехника, Госэнергоиздат, 1956.





ну, например по закону синусоиды, будет происходить точно такое же изменение сопротивления лампы, а следовательно, и падения напряжения на нем. В силу этого в точности по этому же закону будет меняться падение напряжения и на сопротивлении анодной нагрузки. Изменяющееся напряжение на аноде будет, как в зеркале, отражать все изменения напряжения на сетке лампы. Именно, как в зеркале: когда падение напряжения на лампе увеличивается, падение напряжения на сопротивлении анодной нагрузки на столько же уменьшается, и наоборот.

Усилительное действие лампы зависит от того, насколько сильно изменяется ее сопротивление при повышении или понижении потенциала сетки на какую-нибудь определенную величину, т. е. насколько сильно выражено управляющее действие ее сетки. Чем сильнее будут изменения величины сопротивления лампы при изменении потенциала сетки, тем значительнее будут изменения напряжения на нагрузке.

Чем определяется величина изменения сопротивления лампы? Совершенно очевидно, что она определяется тем, насколько увеличивается или уменьшается ток, текущий через лампу, при изменении потенциала сетки на 1 *в*. Этот параметр лампы носит название крутизны характеристики или просто крутизны (S). Чем больше крутизна лампы, тем сильнее изменяется ее сопротивление под воздействием потенциала сетки и тем большее усиление она может дать. Именно поэтому крутизна является важнейшим параметром лампы.

Таким образом, очень удобно рассматривать усилительную электронную лампу как переменное сопротивление. Чем больше изменяется сопротивление лампы при изменении потенциала сетки, тем выше усилительные способности лампы. Усилительные способности лампы характеризуются главным образом ее крутизной.

ЧТО ТАКОЕ R_i*

Сопротивление электронной лампы определяет величину того тока, который устанавливается в анодной цепи лампы в статическом режиме ее работы, т. е. при неизменных напряжениях на всех ее электродах. Его часто называют сопротивлением постоянному току.

Однако сопротивление постоянному току не входит в число параметров лампы — ее важнейших показателей. В списке параметров всегда фигурирует внутреннее сопротивление лампы.

Что же такое внутреннее сопротивление лампы и чем оно отличается от ее сопротивления постоянному току?

Во всякой электрической цепи усиление или ослабление тока по существу представляет собой увеличение или уменьшение числа электронов или каких-либо других электрических зарядов, проходящих в течение секунды через поперечное сечение проводника. В обычных проводниках в создании тока участвуют все заряды и величина тока зависит лишь от скорости их движения, причем скорость этого движения пропорциональна напряжению; чем больше напряжение, тем выше скорость и тем, следовательно, больше ток. Другими словами, между величиной напряжения и тока существует линейная зависимость.

Не так обстоит дело в электронной лампе. С увеличением анодного напряжения возрастает не только скорость движения электронов в пространстве между катодом и анодом, но и число электронов. Анодный ток лампы образуется теми электронами, которые положительно заряженный анод «высасывает» из электронного облачка, окружающего катод. При каждом данном значении анодного напряжения и потенциала управляющей сетки (и всех остальных электродов) анодный ток образуется электронами, имеющими скорость, превышающую некоторую определенную величину. Электроны с меньшими скоростями отбрасываются обратно к катоду. Если анодное напряжение увеличивается или если повышается потенциал управляющей сетки, то участвовать в образовании анодного тока могут уже электроны, обладающие меньшими скоростями.

Таким образом, как увеличение анодного напряжения, так и повышение потенциала управляющей сетки сопровождаются не только увеличением скорости движения электронов, образующих анодный ток, но и увеличением числа электронов, участвующих в образовании этого тока. При уменьшении анодного напря-

* Л. В. Кубаркин, Е. А. Левитин, Занимательная радиотехника, Госэнергоиздат, 1956.

жения или потенциала сетки не только снижается скорость движения электронов, но и число электронов. Поэтому зависимость между анодным током и анодным напряжением не подобна зависимости между током и напряжением в проводниках. Прямой пропорциональности между анодным напряжением и анодным током нет. Системы с такими свойствами называются нелинейными.

Эта особенность электронных ламп приводит к тому, что их сопротивление постоянному и переменному току неодинаково. Так как лампы используются для работы с переменными токами, то для всех расчетов надо знать величину сопротивления лампы именно переменному току, показывающую, насколько изменяется анодный ток лампы при изменении анодного напряжения. На некотором участке анодной характеристики лампы изменение анодного тока прямо пропорционально изменению анодного напряжения.

Это отношение изменения анодного напряжения к изменению анодного тока и носит название внутреннего сопротивления лампы, обозначаемого символом R_i.

РАЗМЕРЫ ЭЛЕКТРОННЫХ ЛАМП И ИХ ПАРАМЕТРЫ[1]

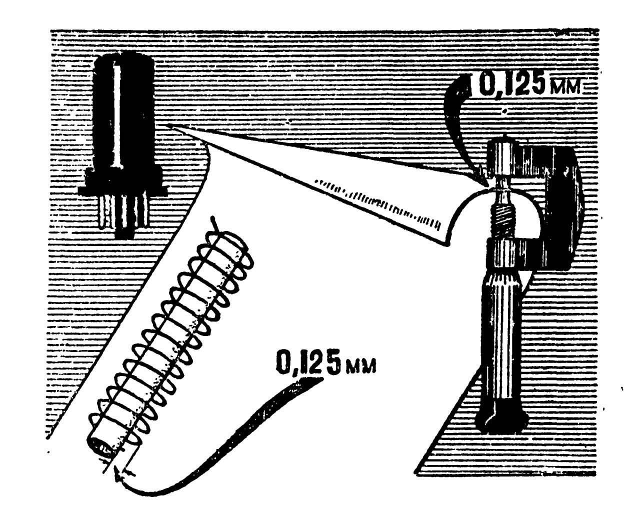
Крутизна характеристики является важнейшим параметром электронных ламп. Особенно важно большое значение крутизны у ламп, предназначенных для работы на ультравысоких частотах.

Способы достижения большой крутизны хорошо известны. Основными из них являются увеличение эмиссии катода и приближение управляющей сети к катоду.

До какого же предела в этом направлении можно дойти? Это можно очень хорошо показать на примере телевизионного пентода 6Ж4. У этой лампы большой катод, имеющий повышенную мощность накала (в 1,5 раза больше обычной), а сетка находится от катода на расстоянии всего лишь 0,125 *мм*.

0,125 *мм* — это толщина листа писчей бумаги. На таком расстоянии находится сетка от катода, раскаленного до 800—900° С. Достаточно малейшей деформации сетки, чтобы между ней и катодом произошло короткое замыкание. Изготовление таких ламп требует высокой точности производства и более трудно, чем изготовление обычных ламп.

Однако увеличение крутизны лампы путем применения больших катодов и приближения сетки к катоду приводит к возрастанию емко-



сти управляющая сетка — катод, т. е. входной емкости лампы, что весьма нежелательно на ультравысоких частотах, так как приводит к уменьшению усиления. «Выручает» только то, что при уменьшении расстояния между катодом и сеткой крутизна возрастает в большей степени, чем емкость. Между этими величинами существует интересная зависимость: емкость между сеткой и катодом возрастает пропорционально уменьшению расстояния между ними, а крутизна характеристики растет пропорционально квадрату той же величины. Если емкость увеличится, скажем, в 2 раза, то одновременно с этим крутизна возрастет в 4 раза и в результате соотношение между крутизной и емкостью окажется более выгодным.

Эта благоприятная для крутизны зависимость подсказала пути дальнейшего развития ламп — уменьшение их размеров.

Вот, например, лампа для ультравысоких частот — «жолудь». У этой лампы катод совершенно не отвечает указанным выше требованиям. Наоборот, его размеры, а следовательно, и активная поверхность так малы, что для его накала требуется вдвое меньшая мощность, чем у обычных ламп. Крутизна же ламп-жолудей такого же порядка, как у обычных. А между тем они хорошо работают на высоких частотах вплоть до нескольких сот мегагерц.

У ламп-жолудей геометрические размеры чрезвычайно малы, благодаря чему и межэлектродные емкости их весьма невелики. При этом вследствие малого расстояния между сеткой и катодом удается получить крутизну такого же порядка, как у обычных ламп. Соотношение между крутизной и емкостью оказывается при подобной конструкции очень выгодным.

Это легко подтвердить расчетами. Предположим, что у обычной лампы конструкция изменена: ее электроды укорочены и сближены

[1] Л. В. Кубаркин, Е. А. Левитин, Занимательная радиотехника, Госэнергоиздат, 1956.

таким образом, что расстояние между ними уменьшилось в 2 раза, а поверхность электродов — в 4 раза. Как скажется это на крутизне характеристики и емкости сетка—катод?

В результате уменьшения поверхности в 4 раза и расстояния между электродами в 2 раза емкость уменьшается в 2 раза. Иначе обстоит дело с крутизной. Уменьшение активной поверхности катода в 4 раза повлечет за собой четырехкратное уменьшение крутизны, так как эмиссия катода пропорциональна его активной поверхности. Уменьшение уже в 2 раза расстояния между сеткой и катодом приведет к увеличению крутизны тоже в 4 раза, и в результате крутизна не изменится, она останется такой же, какая была до уменьшения электродов. Следовательно, уменьшение электродов привело к снижению емкости при неизменной величине крутизны: соотношение между емкостью и крутизной стало более выгодным — оно увеличилось вдвое.

В этом отношении уменьшение размеров ламп дает хорошие результаты. Поэтому и «пальчиковые» лампы относительно лучше обычных, т. е. наших «старых» стеклянных и металлических ламп с октальным цоколем. Геометрические размеры «пальчиковых» ламп уменьшены; кроме того, у них, как и у ламп-желудей, приняты меры для уменьшения емкости между штырьками. В результате у таких «пальчиковых» ламп, как 6Ж1П и 6Ж3П, удалось получить хорошее соотношение между емкостью и крутизной, что позволяет эффективно использовать их для работы на ультравысоких частотах.

ТЕТРОДЫ И ПЕНТОДЫ[1]

Введение в лампу сетки придало ей чудесное свойство усилителя, практически не имеющего инерции. Электроны так малы и скорость их полета в лампе столь велика, что лампа практически мгновенно реагирует на все изменения напряжения на ее сетке. Лишь в самое последнее время в связи с применением сверхвысоких частот (например, в радиолокационной аппаратуре) скорости полета электронов в лампе оказались недостаточными, что заставило конструировать новые специальные типы электронных приборов.

Но не только это обстоятельство привело к необходимости изменять конструкцию ламп. У трехэлектродной лампы есть ряд недостатков, которые можно преодолеть только введением в нее дополнительных электродов, главным образом дополнительных сеток.

[1] А. Горшков. «Радио», 1948, № 10.

Сначала казалось, что при помощи трехэлектродных ламп можно получить усиление любой величины. Если недостаточно усиление, даваемое одной лампой, то можно применить две-три, пять и т. д. ламп и, в конце концов, получить нужное усиление. Казалось также возможным увеличивать усиление одной лампы путем усовершенствования ее конструкции, например при увеличении густоты сетки коэффициент усиления возрастает.

Однако вскоре накопленный опыт конструирования и эксплуатации трехэлектродных ламп показал, что возможности этой лампы ограничены. Предел повышению коэффициента усиления лампы вызывается рядом причин. Например, устройство чрезмерно густой сетки недопустимо, так как тогда анодный ток становится малым и сильно возрастает бесполезный и даже вредный сеточный ток. Возможность применения многих ламп для последовательного усиления сигнала ограничивается опасностью возникновения собственных колебаний вследствие наличия у лампы междуэлектродных емкостей. С этим последним фактором надо познакомиться поближе, так как междуэлектродные емкости ламп играют огромную роль в работе радиоаппаратуры.

Два любых проводника, помещенных на некотором расстоянии один от другого, обладают определенной взаимной емкостью. Емкость эта зависит от размеров проводников и расстояния между ними.

Анод и сетка лампы являются проводниками, находящимися очень близко друг от друга. Поэтому между анодом и сеткой лампы существует определенная емкость, носящая название междуэлектродной емкости (рис. 1). Именно это обстоятельство и не дает возможности получить при использовании трехэлектродных ламп большое усиление.

Объясняется это следующим образом.

Любая емкость способна проводить переменный ток, притом тем лучше, чем больше величина емкости и чем выше частота переменного тока. Поэтому пространство анод —

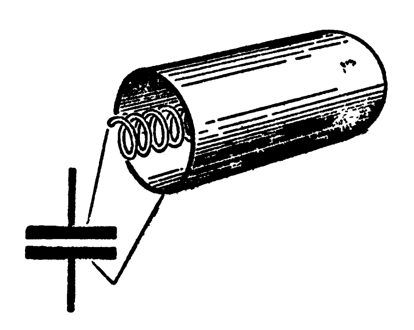


Рис. 1. Анод и сетка составляют конденсатор.

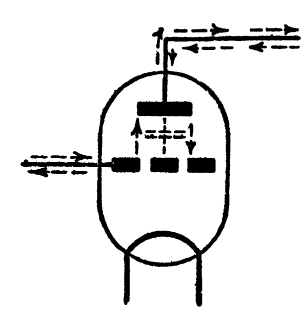


Рис. 2. Анодная и сеточная цепи лампы оказываются связанными для переменных токов через междуэлектродную емкость.

сетка лампы не является для переменного тока непреодолимой преградой. Междуэлектродная емкость как бы «связывает» анодную цепь лампы с ее сеточной цепью (рис. 2). Переменные напряжения, действующие в анодной цепи, через междуэлектродную емкость воздействуют на сеточную цепь и создают в ней некоторое напряжение, которое вновь воздействует на анодный ток.

Это явление носит название *обратной связи.* Обратная связь широко используется в радиотехнике. Для генерирования высокочастотных токов на передающих радиостанциях служат ламповые генераторы с обратной связью. В каждом супергетеродинном приемнике имеется гетеродин, который также представляет собой генератор с обратной связью; обратная связь применяется в регенеративных приемниках для усиления принимаемых сигналов.

Но обратная связь полезна только тогда, когда она контролируется, когда она возникает там, где это нужно, и ее величина может по желанию регулироваться. Если же обратная связь возникает самопроизвольно, то она нарушает нормальную работу радиоаппаратуры и может вызвать появление генерации колебаний, которая порождает свист и вой, приводит к сильному искажению сигналов. Такая самопроизвольно возникшая неконтролируемая обратная связь называется *паразитной.*

Междуэлектродные емкости трехэлектродных ламп способствуют возникновению паразитных обратных связей. При малом усилении действие их незаметно, но при большом усилении паразитные обратные связи приводят к возникновению собственных колебаний. Поэтому междуэлектродные емкости делают невозможным получение больших усилений. Для осуществления усилителей с большим коэффициентом усиления нужны лампы, в которых была бы устранена или по крайней мере значительно уменьшена междуэлектродная емкость.

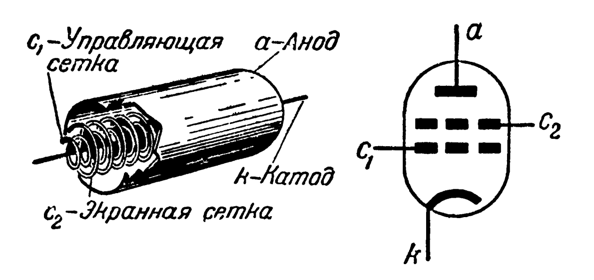


Рис. 3. Устройства тетрода и его условное обозначение.

ТЕТРОД. Задача эта была решена. В пространство между управляющей сеткой лампы и ее анодом была введена дополнительная сетка, которая в схеме соединяется через конденсатор с катодом лампы и экранирует сетку от анода. Величина междуэлектродной емкости при этом снижается в сотни и даже в тысячи раз. В качестве примера можно указать, что величина емкости анод—сетка у триодов составляет не менее 2—3 *пф*, а в лампах с дополнительной сеткой она снижается до 0,01 *пф*.

Дополнительная сетка, введенная в пространство между анодом и основной сеткой лампы, получила название *экранирующей* или *экранной сетки,* а лампа с такой сеткой называется *экранированной лампой* (рис. 3). Основную сетку лампы в отличие от экранной сетки стали называть *управляющей* или *сигнальной* так как к ней подводится напряжение приходящего сигнала и она управляет анодным током.

Экранированная лампа состоит, таким образом, из четырех электродов: катода, управляющей сетки, экранной сетки и анода; поэтому она получила название *четырехэлектродной лампы* или *тетрода* (от греческого слова — четыре).

Экранная сетка не только уменьшает паразитную емкость, но она позволяет увеличить и коэффициент усиления лампы. Если коэффициент усиления триодов не превышает 100 (обычно он лежит в пределах от 10 до 30), то у экранированных ламп он измеряется многими сотнями. Все это приводит к тому, что экранированная лампа может дать значительно большее усиление по сравнению с триодом и позволяет конструировать усилители с большим общим коэффициентом усиления.

Применение тетродов позволило повысить качество радиоаппаратуры.

Однако изучение тетродов и особенностей аппаратуры, работающей на таких лампах, вскоре показало, что у экранированных ламп наряду со многими достоинствами есть один очень крупный недостаток — склонность к так называемому *динатронному эффекту.*

Что же представляет собой динатронный эффект?

Читатели уже знают, что электроны в пространстве между катодом и анодом несутся с очень большой скоростью. Скорость, с которой

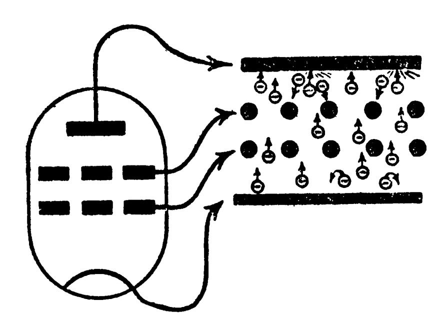


Рис. 4. Электроны, бомбардирующие анод, выбивают из него вторичные электроны.

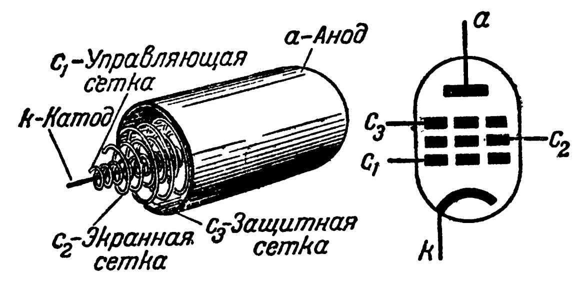


Рис. 5. Устройство пентода и его условное обозначение в схемах.

они достигают анода, измеряется тысячами километров в секунду.

В результате электронной бомбардировки из поверхности анода выбиваются электроны, получившие название *вторичных* в отличие от *первичных* электронов, составляющих основной анодный ток лампы (рис. 4). Вторичные электроны, с силой выбитые из анода, приобретают известную скорость и вследствие этого могут отлетать на некоторое расстояние от анода.

Электрон, несущий отрицательный электрический заряд, находясь в пространстве между анодом и экранной сеткой, будет испытывать притяжение к тому из этих электродов, напряжение которого выше. Поэтому, если напряжение на экранной сетке оказывается выше, чем напряжение на аноде, вторичные электроны будут притягиваться экранной сеткой. Но летящие электроны представляют собой электрический ток. Если выбитые из анода вторичные электроны летят к экранной сетке, то в пространстве между анодом и экранной сеткой установится ток, направление которого обратно направлению основного анодного тока, вследствие чего величина общего анодного тока уменьшается.

Это явление и называют динатронным эффектом. Оно приводит к сильным искажениям и значительно ограничивает возможность использования усилительных свойств лампы.

Динатронный эффект, как указывалось, возникает тогда, когда напряжение на аноде ниже напряжения на экранной сетке. При работе лампы это может иметь место. Хотя на экранную сетку обычно подается несколько меньшее постоянное напряжение, чем на анод, но мгновенное значение напряжения на аноде в некоторые моменты работы лампы может оказаться ниже, чем напряжение на экранной сетке. В самом деле, переменное напряжение на управляющей сетке вызывает на сопротивлении анодной нагрузки лампы значительно большее переменное напряжение. Это переменное напряжение во время своего отрицательного полупериода уменьшает величину анодного напряжения. Поэтому при сильных колебаниях напряжение на аноде в некоторой части периода может оказаться ниже напряжения на экранной сетке, что приводит к возникновению динатронного эффекта. Экранированные лампы могут хорошо работать только при условии, что к их управляющей сетке подводятся небольшие напряжения.

ПЕНТОД. Чтобы полностью использовать прекрасные свойства экранированной лампы, надо устранить возможность возникновения динатронного эффекта. Для этой цели в лампу вводится еще одна — третья — сетка, которая помещается между анодом и экранной сеткой. Эта сетка соединяется с катодом (иногда внутри лампы, иногда вне ее) и защищает выбитые из анода вторичные электроны от притягивающего действия экранной сетки. Благодаря этому, вторичные электроны не притягиваются экранной сеткой.

Эту третью сетку называют *защитной* или *противодинатронной сеткой*. Лампа с такой сеткой имеет уже пять электродов (катод, три сетки и анод), отчего она получила название *пентода* (от греческого слова — пять). Ее можно, конечно, назвать и *пятиэлектродной лампой* (рис. 5).

Коэффициент усиления хороших пентодов достигает нескольких тысяч, причем такие лампы пригодны для усиления переменных напряжений с большой амплитудой. Лампы выпуска последних лет являются в большинстве своем пентодами, например 1К1П, 2К2М, 6К7 и др.

Помимо пентодов есть более сложные и имеющие большее число электродов лампы. Например, гептоды 1А1П и 6А7 имеют по семи электродов. Такие лампы обычно предназначаются для одновременного выполнения нескольких процессов.

Выпускаются также комбинированные лампы, представляющие собой две или три лампы, заключенные в один общий баллон и имеющие общий катод. Одну такую лампу всегда можно

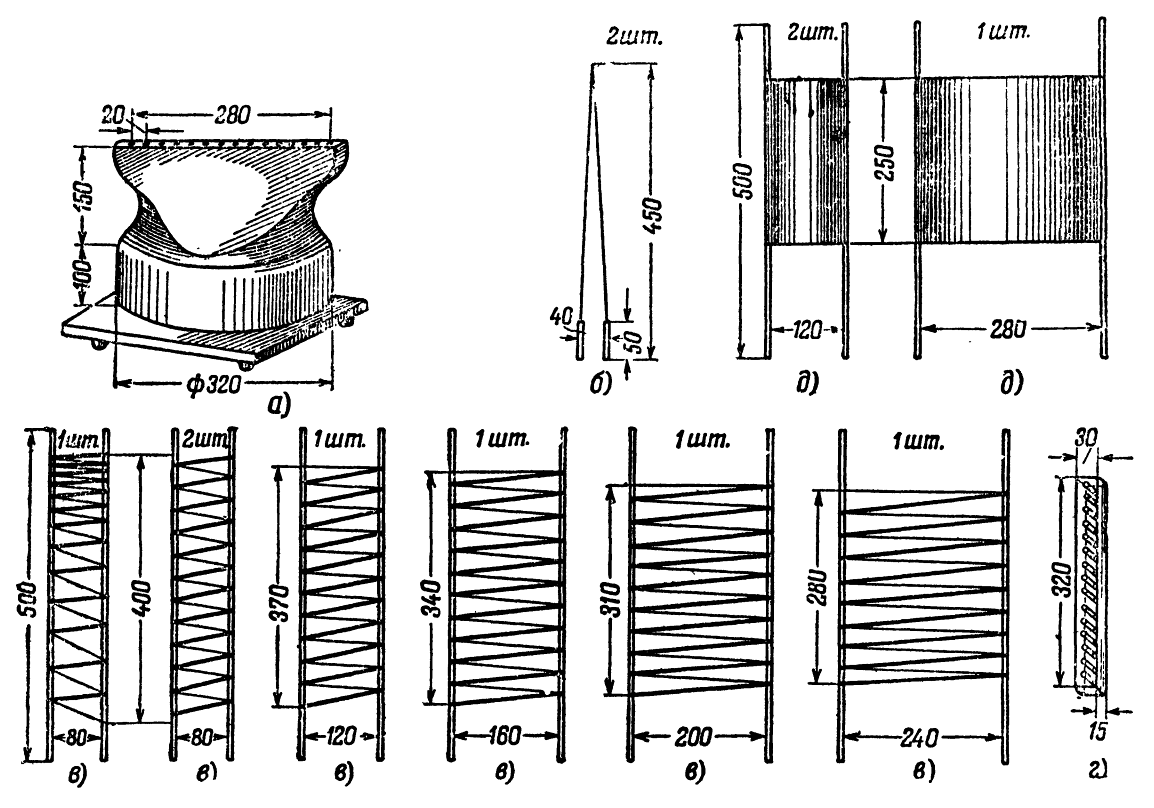


Рис. 1. Детали модели «Принцип устройства электронных ламп».

заменить двумя отдельными лампами. Например, лампа 6Г7 представляет собой соединение в одном баллоне триода и двух диодов. Ее всегда можно заменить отдельными триодом и двойным диодом или триодом и двумя отдельными диодами.

Усвоив принцип работы диода, триода, тетрода и пентода, читатель будет в состоянии понять принципы действия любой из ламп, несмотря на их многообразие, так как более сложные лампы всегда можно расчленить на лампы указанных здесь четырех основных типов.

НАГЛЯДНОЕ ПОСОБИЕ ДЛЯ ДЕМОНСТРАЦИИ УСТРОЙСТВА ЭЛЕКТРОННЫХ ЛАМП [1]

Простейшим и довольно наглядным пособием могут являться щиты с набором испорченных ламп со снятыми баллонами.

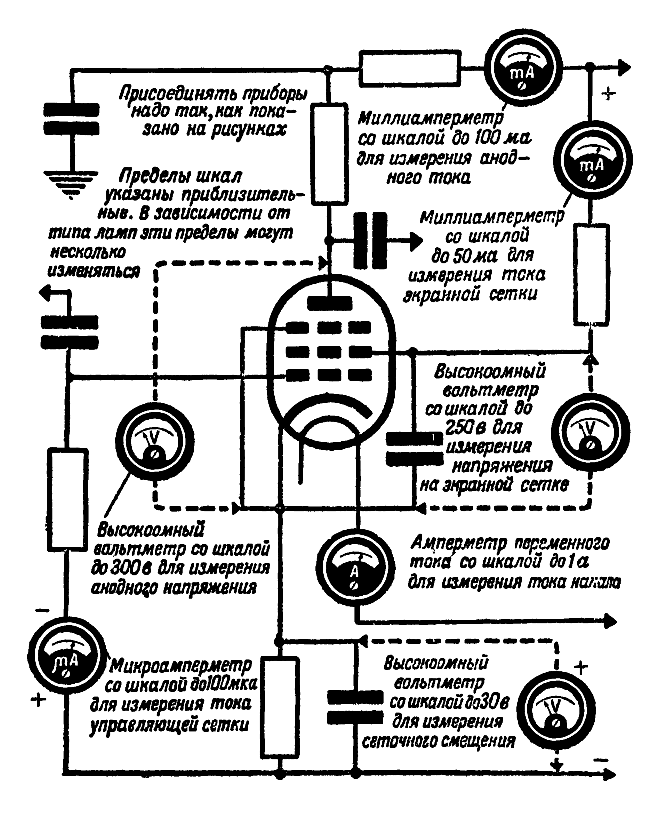
Для демонстрации устройства радиоламп в классе во время занятий по изучению электронных ламп можно рекомендовать модель «Принцип устройства электронных ламп».

Эта модель состоит из комплекта различных электродов и деталей крупного размера, позволяющих собирать электродные системы радиоламп разных типов. Отдельные детали модели и их размеры приведены на рис. 1.

Основание *а*, имитирующее стеклянную ножку лампы, изготовлено из дерева. На его гребне на расстоянии 2 *см* друг от друга расположены 15 отверстий. Нити накала *б* и сетки *в* выполнены из толстой (2—3 *мм*) медной проволоки. В качестве подогревных катодов используются кембриковые трубки, окрашенные белой краской («активный слой») и надеваемые на нить накала. Аноды *д* изготовлены из жести. Для скрепления электродов сверху служит пластинка *г* из органического стекла или толстого целлулоида с 15 отверстиями, расположенными так же, как на основании *а*. Все детали окрашены: нити накала—красной краской, сетки — серебристой, аноды — черной.

[1] В. К. Лабутин. Наглядные пособия по радиотехнике, Госэнергоиздат, 1949.

КАК ИЗМЕРЯТЬ РЕЖИМЫ ЛАМП[1]



КАК РАСШИФРОВАТЬ ОБОЗНАЧЕНИЯ ПРИЕМНО-УСИЛИТЕЛЬНЫХ ЛАМП И КЕНОТРОНОВ[2]

Согласно Государственному общесоюзному стандарту условные обозначения электровакуумных приборов (радиоламп) составляются из четырех или трех знаков (букв или цифр).

Первый знак — число, показывающее напряжение накала в вольтах (округленно).

Второй знак — буква, характеризующая тип лампы.

Диоды обозначаются буквой Д, двойные диоды — Х, триоды — С, двойные триоды — Н, триод-пентоды — Ф, триоды с одним или двумя диодами — Г, пентоды с короткой характеристикой — Ж, пентоды с удлиненной характеристикой — К, выходные пентоды и лучевые тетроды — П, тетроды — Э, пентоды с одним или двумя диодами — Б, частотопреобразовательные лампы с двумя управляющими сетками — А, триод-гексоды и триод-гептоды — И, оптические указатели настройки — Е, кенотроны — Ц.

Третий знак — число, указывающее порядковый номер типа лампы.

Четвертый знак — буква, характеризующая конструктивное оформление лампы.

Лампа с металлическим баллоном не имеет обозначения, лампа со стеклянным баллоном обозначается буквой С, лампа типа «жолудь» — Ж, сверхминиатюрная лампа диаметром 10 *мм* — Б, лампа диаметром 6 *мм* — А, лампа с замковым цоколем — Л, лампа пальчиковая — П.

Таким образом, если в обозначении лампы имеются только три знака, можно сразу сказать, что эта лампа с металлическим баллоном.

Обозначения стабилизаторов напряжения состоят из трех знаков: первый — СГ; второй и третий знаки обозначения аналогичны соответствующим знакам обозначения приемно-усилительных ламп.

Приведем примеры условных обозначений.

1А1П — частотопреобразовательная лампа с двумя управляющими сетками, напряжение накала 1,2 *в*, первый тип, пальчиковая.

6К7 — пентод с удлиненной характеристикой, напряжение накала 6,3 *в*, седьмой тип, баллон металлический.

5Ц3С — кенотрон, напряжение накала 5 *в*, третий тип, баллон стеклянный. Следует отметить, что в данном случае рассматриваемые обозначения относятся к кенотронам, выпускаемым в серии приемно-усилительных ламп.

КЛАССЫ УСИЛЕНИЯ[1]

Начинающим изучать радиотехнику, как показывает опыт, иногда трудно выработать четкое представление о режимах усиления. Что такое режим AB_2 и чем он отличается от режима B_2? Существуют ли режимы BC_1, A_2 и C_2? Какой режим усиления наиболее выгоден в мощных оконечных каскадах? А в каскадах предварительного усиления — в усилителях напряжения?

Отчего возникают нелинейные искажения и в каком режиме они будут наименьшими? Что такое отсечка?

На эти и другие вопросы, относящиеся к затрагиваемой теме, в сильно упрощенном виде отвечают помещаемые ниже рисунки с подписями. Эти рисунки помогут запомнить то, что очень часто забывается вскоре после прохождения материала об усилителях низкой частоты на занятиях радиокружков и при самостоятельном ознакомлении с радиотехникой.

---

[1] «Радио», 1949, № 2.
[2] По разным источникам.

[1] С. А. Бажанов, Как работает радиолампа, Госэнергоиздат, 1947.

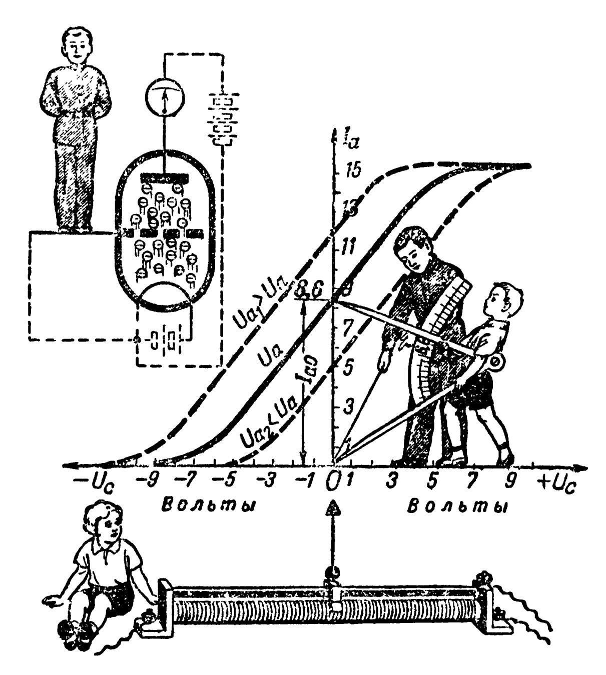


Рис. 1. Отсчет анодного тока, когда сетка не заряжена.

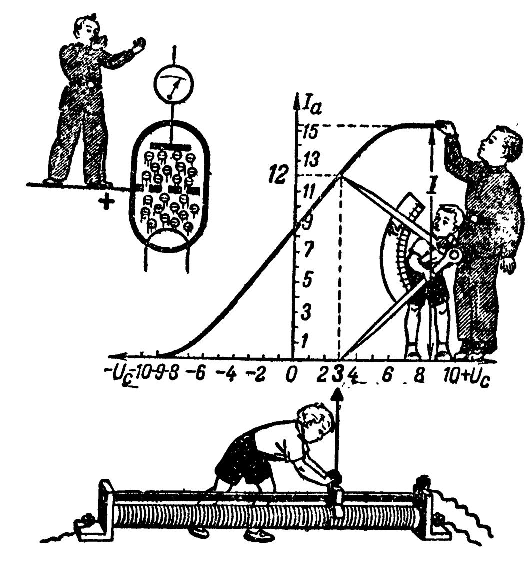


Рис. 2. Отсчет анодного тока, когда сетка имеет положительный заряд.

Характеристика лампы графически выражает собой зависимость анодного тока I_a от напряжения на сетке U_c при неизменном постоянном напряжении U_a на аноде. Величины напряжений на сетке — в вольтах — на графике отложены по горизонтальной оси: отрицательные напряжения — влево от нуля, положительные — вправо. Величины анодного тока — в миллиамперах — отложены по вертикальной оси вверх от нуля. Имея перед собой характеристику лампы (рис. 1), можно быстро определить, чему равен анодный ток при любом напряжении на сетке: при $U_c = 0$, например, $I_a = I_{a0} = 8{,}6$ *ма*. Если интересуют значения этого тока при других анодных напряжениях, то вычерчивают не одну характеристику, а несколько: для каждого значения анодного напряжения отдельно. Характеристики для меньших анодных напряжений будут располагаться правее, а для больших — левее рассмотренной нами характеристики, обозначенной на рис. 1 сплошной жирной линией. Получается семейство характеристик.

Напряжение на сетке делаем положительным: $U_c = +3$ *в*. Что произошло с анодным током? Он увеличился до 12 *ма* (рис. 2).

Положительно заряженная сетка притягивает электроны и тем самым «подталкивает» их к аноду. Чем больше положительное напряжение на сетке, тем больше ее воздействие на поток электронов, что приводит к увеличению анодного тока. Но наступает такой момент, при котором возрастание тока уменьшается, характеристика получает изгиб (верхний) и, наконец, анодный ток почти совершенно перестает возрастать (горизонтальный участок характеристики). Это — насыщение: все электроны, испускаемые накаленным катодом лампы, полностью отбираются от него анодом и сеткой. При данном анодном напряжении и напряжении накала анодный ток лампы не может сделаться больше тока насыщения $I_{нас}$.

Напряжение на сетке делаем отрицательным, переходим в область левее вертикальной оси, в «левую область». Чем больше отрицательное напряжение на сетке, чем дальше влево, тем меньше становится анодный ток. При $U_c = -4$ *в* анодный ток уменьшается до $I_a = 3$ *ма* (рис. 3). Объясняется это тем, что отрицательно заряженная сетка отталкивает вылетающие с катода электроны обратно, не пропуская их к аноду. Обратите внимание на то, что в нижней части характеристики также получается изгиб, как и в верхней. Как будет ясно из дальнейшего, наличие изгибов значительно ухудшает работу лампы. Чем прямолинейнее характеристика, тем лучше усилительная лампа.

Сделаем отрицательное напряжение на сетке настолько большим, чтобы сетка отталкивала от себя все электроны обратно к катоду, совершенно не пропуская их к аноду. Поток электронов обрывается, анодный ток делается равным нулю. Лампа «запирается» (рис. 4). Напряжение на сетке, при котором происходит «запирание» лампы, называется *напряжением запирания* (обозначено $U_{c\ зап}$).

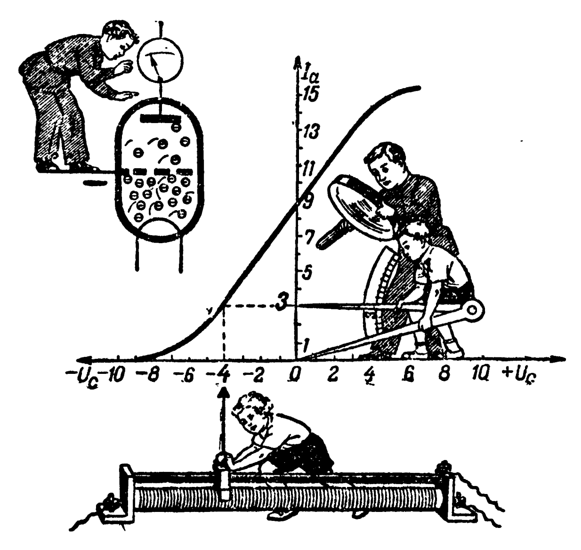


Рис 3. Отсчет анодного тока, когда сетка имеет небольшой отрицательный заряд.

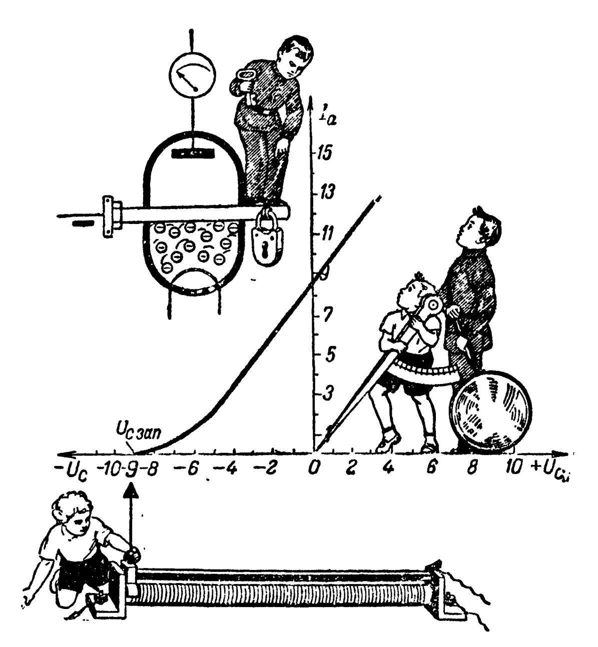


Рис. 4. Лампа «заперта».

Для взятой нами характеристики $U_{c\,зап} = -9$ *в*. «Отпереть» лампу можно уменьшением отрицательного напряжения на сетке или же увеличением анодного напряжения.

Установив постоянное напряжение на аноде, можно менять анодный ток I_a от нуля ($I_a = 0$) до максимума ($I_a = I_{нас}$) изменением напряжения на сетке в пределах от $U_{c\,зап}$ до $U_{c\,нас}$ (рис. 5). Так как сетка расположена к катоду ближе, чем анод, то достаточно лишь немного изменить сеточное напряжение, чтобы значительно изменить анодный ток. В нашем случае достаточно изменить напряжение на сетке всего лишь на 14,5 *в*, чтобы уменьшить анодный ток от максимума до нуля. Воздействие сеточного напряжения на поток электронов — исключительно удобная возможность управления величиной электрического тока, в особенности, если учесть, что это воздействие осуществляется почти мгновенно, с очень малой инерцией.

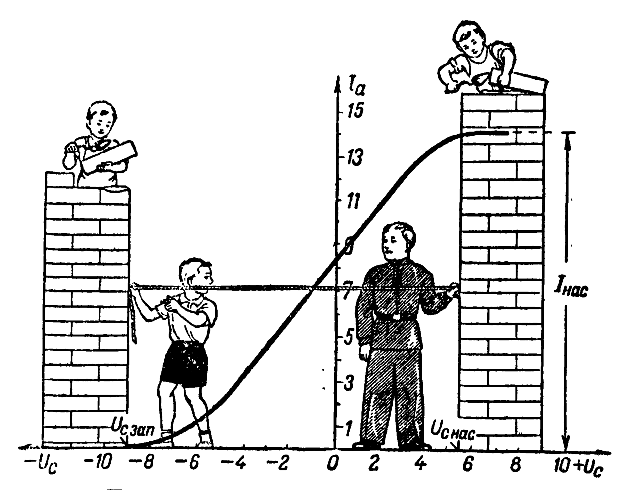


Рис. 5 «Пределы» изменения анодного тока в зависимости от напряжения сетки при заданном напряжении анода.

Будем непрерывно менять напряжение на сетке, делая его то положительным, то отрицательным. С этой целью подведем к сетке переменное напряжение с амплитудой U_{mc1}, называемое *напряжением возбуждения лампы*. График этого напряжения (синусоида) нанесен на вертикальной оси времени *t*, идущей вниз от нуля. Анодный ток будет *пульсировать* — периодически увеличиваться и уменьшаться — с частотой, равной частоте изменения напряжения возбуждения. График пульсаций анодного тока, повторяющий по своей форме график напряжения возбуждения, нанесен вдоль горизонтальной оси времени *t* вправо от характеристики. Чем больше величина U_{mc1}, тем в бóльших пределах изменяется анодный ток (сравните на рис. 6 U_{mc1} и I_{ma1} с U_{mc2} и I_{ma2}). Точка *a* на характеристике, соответствующая среднему (нулевому) значению напряжения на сетке и величине тока покоя в анодной цепи, называется *рабочей точкой*.

Что произойдет, если в анодную цепь лампы (рис. 7) включить сопротивление R_a? Через него будет проходить анодный ток I_a, вследствие чего на нем получится падение напряжения U_{Ra}, пульсирующее с частотой напряжения возбуждения и повторяющее все изменения тока.

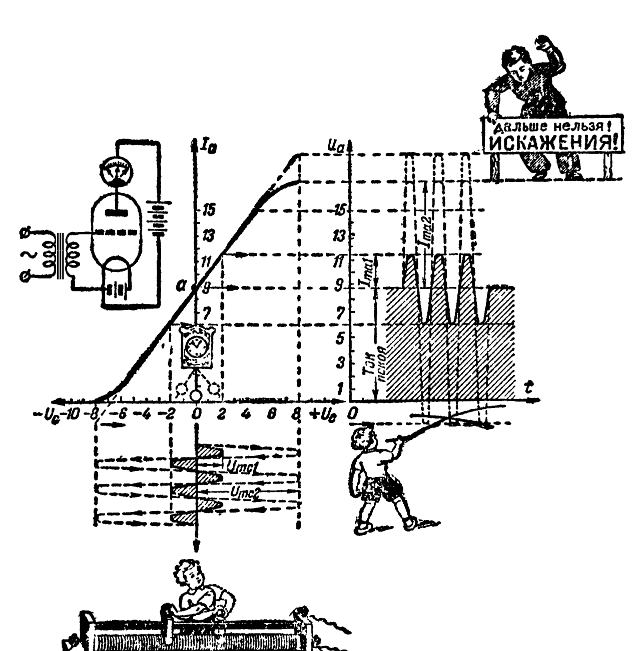


Рис. 6. Переменное напряжение на сетке создает пульсирующий анодный ток.

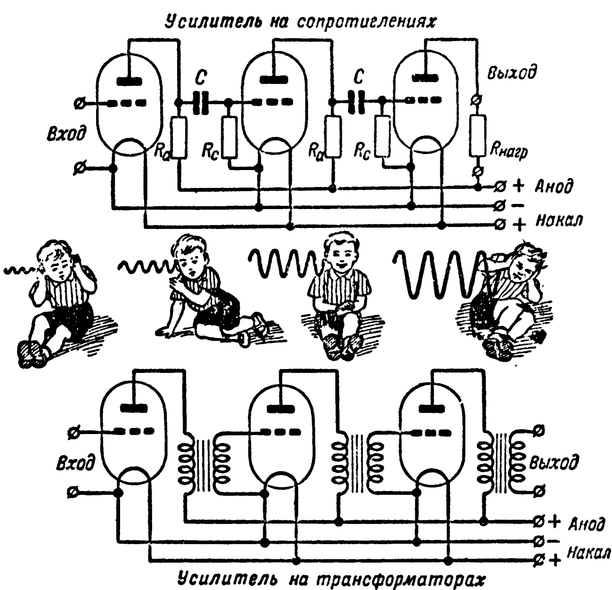
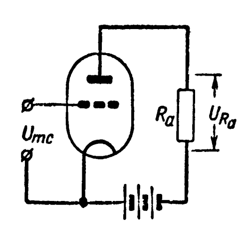


Рис. 8. Упрощенные схемы трехламповых усилителей.



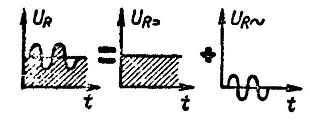


Рис. 7. Схема усиления.

Пульсирующее напряжение состоит из двух составляющих: постоянного напряжения $U_{R=}$ и переменного напряжения $U_{R\sim}$ с амплитудой U_{ma}. При правильно выбранной величине R_a амплитуда переменной составляющей анодного напряжения U_{ma} в усилителях напряжения оказывается больше U_{mc}, т. е. осуществляется усиление переменного напряжения. Отношение U_{ma} и U_{mc} называется *коэффициентом усиления схемы.*

Если усиление, даваемое одной лампой, недостаточно, то усиленное первой лампой напряжение подают ко второй лампе, а от второй — к третьей и т. д. Так осуществляется усиление каскадами. На рис. 8 приведены сильно упрощенные схемы трехламповых усилителей: вверху — схема усилителя на сопротивлениях, а внизу — на трансформаторах.

На рис. 9 показана такая же характеристика лампы, как и на рис. 6, только без верхнего и нижнего плавных изгибов Это — идеализированная характеристика. Сравните между собой рис. 6 и рис. 9 и вы увидите, к чему приводит наличие изгибов на реальной характеристике. Они вызывают в анодной цепи искажения формы кривой усиленных колебаний, а эти искажения недопустимы, в особенности, когда они большие. Громкоговоритель, присоединенный к усилителю, работающему с искажениями, воспроизводит хриплые звуки, речь становится неразборчивой, пение — неестественным и т. п. Такие искажения, обусловленные криволинейностью или, как принято говорить, нелинейностью ламповой характеристики, называется *нелинейными.* Их совершенно не будет, если характеристика строго линейна: здесь график колебаний анодного тока в точности повторяет график колебаний напряжения на сетке.

Характеристики большинства усилительных ламп в своей средней части прямолинейны. Напрашивается вывод: использовать не всю характеристику лампы вместе с изгибами, а только ее прямолинейный средний участок (рис. 10). Это избавит усиление нелинейных искажений. Чтобы это осуществить, напряжение на сетке не должно превышать в сторону отрицательных значений $-U_{c1}$, а в сторону положительных значений $+U_{c}$. Величина анодного тока при этом будет меняться в суженных пределах: не от $I_a=0$ до $I_a=I_{нас}$ (рис. 5), а от I_{a1} до I_a (рис. 10). В этих пределах ламповая характеристика почти совершенно прямолинейна, искажений почти не получится, но зато лампа будет использована не до пределов своих возможностей, ее коэффициент полезного

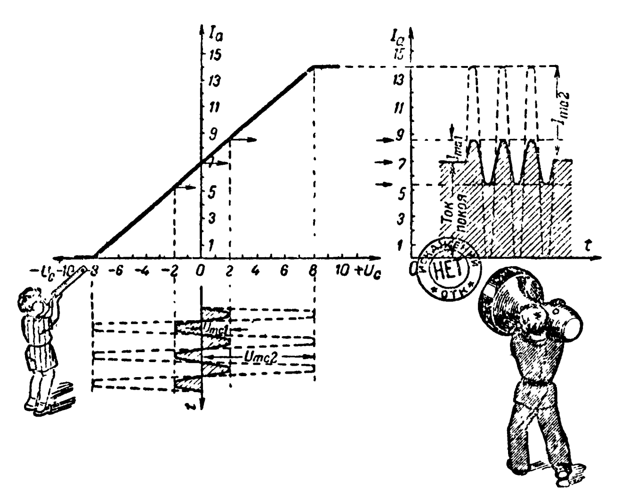


Рис. 9. Характеристика лампы, работающей без искажений.

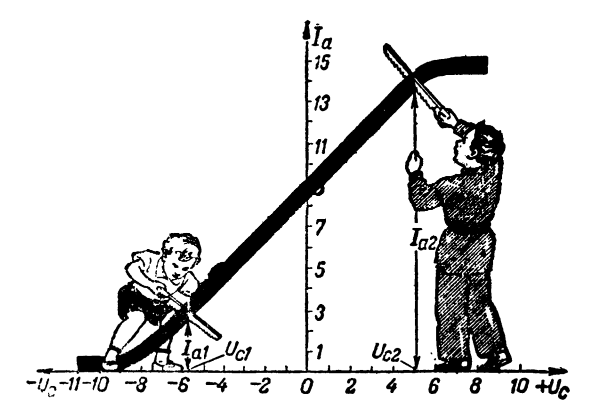


Рис 10. Как устранить искажения при усилении

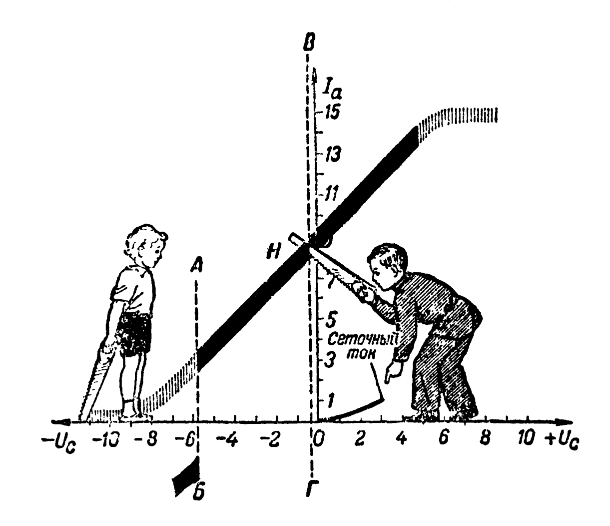


Рис. 11. Как устранить искажения, вносимые наличием сеточного тока.

действия (к. п. д.) окажется низким. В тех случаях, когда необходимо получить неискаженное усиление, с этим обстоятельством приходится мириться.

К сожалению, нелинейными искажениями дело не ограничивается. В моменты, когда сетка заряжена положительно, она притягивает к себе электроны, отнимая некоторое их количество от общего потока, направленного к аноду. Благодаря этому в цепи сетки возникает сеточный ток. Этот ток, проходя через внутреннее сопротивление того источника переменного напряжения, которое подается на сетку, создает на этом сопротивлении падение напряжения.

Вследствие этого напряжение на зажимах источника, а значит, и на сетке лампы уменьшается. Такое уменьшение получается тем более резко выраженным, чем больше положительное напряжение на сетке. В результате при положительных импульсах сеточного напряжения импульсы анодного тока будут уменьшенными, т. е. опять появляются искажения формы анодного тока. Избавиться от этих искажений можно: в процессе усиления напряжение на сетке никогда не должно быть положительным и даже лучше, если оно вообще немного не доходит до нуля (рис. 11). Его надо всегда поддерживать отрицательным, и тогда сеточного тока совершенно не будет. Это требование ведет к еще большему сокращению длины используемой части характеристики: правее линии *ВГ* — токи сетки, левее линии *АБ* — нелинейные искажения. Остается только небольшой участок характеристики, при использовании которого можно полностью избавиться от искажений в лампе; к. п. д. при этом становится еще меньше.

Но как использовать этот участок? Если к сетке подвести лишь напряжение возбуждения с амплитудой U_{mc}, как на рис. 7 и 9, то неизбежен заход в правую область, в область сеточных токов. Подведем сначала к сетке постоянное отрицательное напряжение U_{c0} такой величины, чтобы рабочая точка сместилась влево по характеристике и оказалась как раз посредине участка *МН* (рис. 12). Затем подадим к сетке напряжение возбуждения с амплитудой U_{mc}. Заход в правую область будет устранен, если величина U_{mc} не превысит U_{c0}, т. е. если $U_{mc} < U_{c0}$. Работая при таких условиях, лампа не будет вносить искажений. Этот режим работы лампы получил название *режима класса* А или короче режима А. Батарея, напряжение которой смещает по характеристике рабочую точку *а*, называется *батареей смещения*, а ее напряжение U_{c0} — *напряжением смещения*.

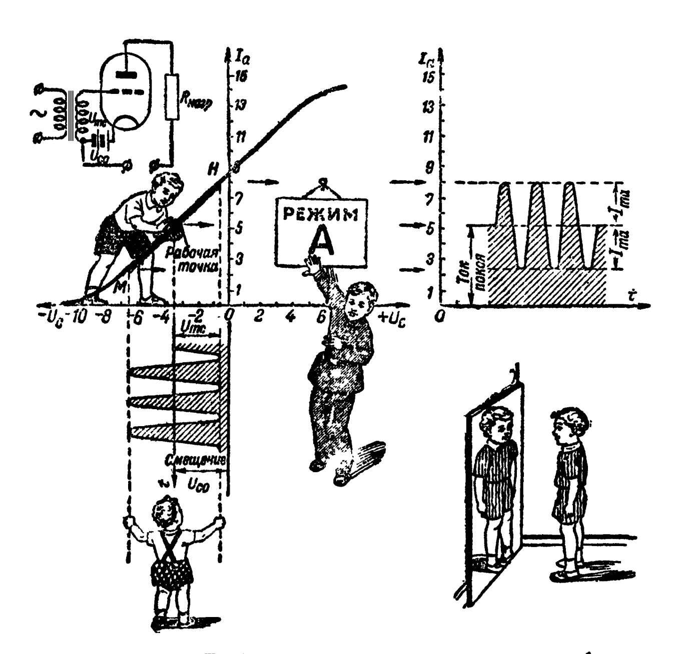


Рис. 12. Работа лампы в режиме класса А.

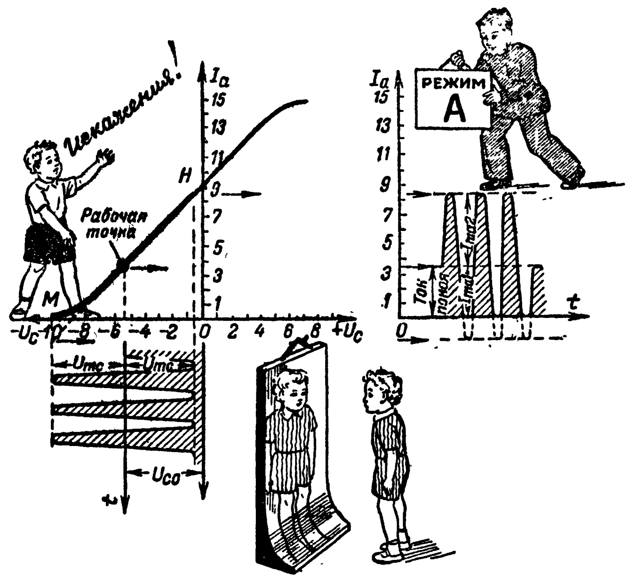


Рис. 13. Работа лампы в режиме класса А с использованием нижнего изгиба характеристики.

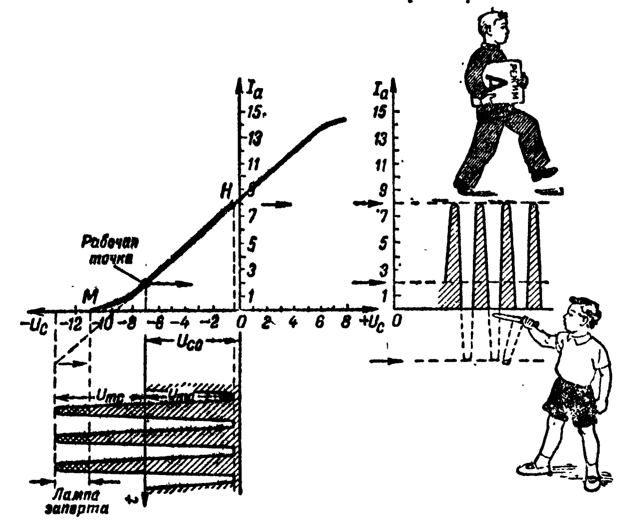


Рис. 14. Лампа работает с отсечкой.

Среди других режимов низкочастотного усиления режим А — самый неэкономичный: у него только в отдельных случаях к. п. д. достигает 30—35%, а вообще бывает 15—20%. Но этот режим — самый «чистый», режим с наименьшими искажениями. Его применяют довольно часто, причем главным образом в маломощных усилительных ступенях (до 5—10 *вт*), в которых к. п. д. не имеет особо важного значения. У усилительных ламп с круто обрывающейся характеристикой нижний изгиб сравнительно короткий. Пренебрегая внесением незначительных нелинейных искажений, не обнаруживаемых при прослушивании звуковой программы, можно допустить более экономичное использование лампы и включить нижний изгиб в рабочий участок *МН* характеристики (рис. 13). Такой режим лампы еще сохраняет за собой название режима А.

В учебниках встречается такое определение усиления режима А: это — режим, при котором лампа работает без отсечки анодного тока. На рис. 14 показано, что такое *отсечка*. Амплитуда напряжения возбуждения U_{mc} настолько велика, что в течение некоторой части периода изменения этого напряжения лампа совершенно «запирается», ток через лампу прекращается. Нижние части синусоиды пульсаций анодного тока не воспроизводятся и как бы отсекаются — отсюда и название «отсечка». Отсечка может быть не только снизу, но и сверху («верхняя отсечка», см. рис. 21), когда наибольшее значение анодного тока должно было бы превысить ток насыщения лампы.

Итак, режим А — режим усиления без отсечки. Руководствуясь этим определением, мы можем отнести к этому режиму процессы, графически представленные на рис. 6 (при U_{mc2}), рис. 9 (тоже при U_{mc2}), рис. 11 и 13. Но если считать, что режим А — режим без искажений, то такому условию удовлетворяет в полной мере лишь процесс, представленный на рис. 12.

Широкое распространение получила двухтактная схема усилителя, работающего в режиме А. В этой схеме использована не одна, а две одинаковые лампы. Напряжение возбуж-

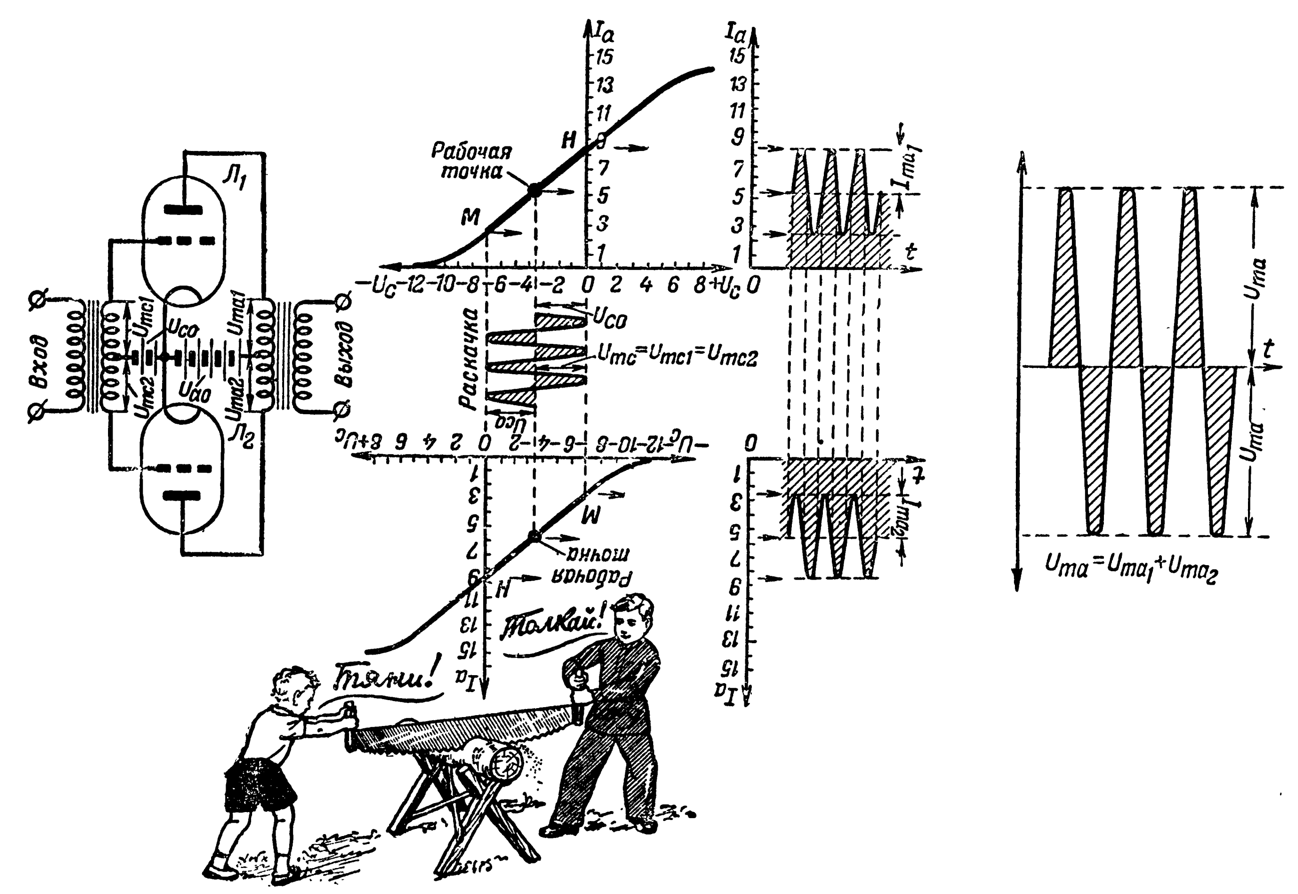


Рис. 15. Как работает двухтактная схема.

дения подается так, что когда одна сетка заряжается положительно, другая заряжается отрицательно. Благодаря этому возрастание анодного тока одной лампы сопровождается одновременным уменьшением тока другой лампы. Это гораздо легче представить, если одну характеристику расположить в перевернутом виде под другой: сразу становится понятным, как напряжение U_{mc} («раскачка») действует на токи в лампах (рис. 15). В результате переменные напряжения, возникающие на двух половинках первичной обмотки трансформатора, складываются и на всей обмотке получается результирующее переменное напряжение удвоенной величины, т. е. $U_{ma} = U_{ma1} + U_{ma2}$.

Двухтактная схема работает более экономично и с меньшими нелинейными искажениями, чем однотактная. Чаще всего эта схема применяется в оконечных (выходных) каскадах усилителей средней и большой мощности.

Рассмотрим такой случай: на сетку лампы подано напряжение смещения $U_{c0} = U_{c\ зап}$. Тем самым рабочая точка смещена на самый низ характеристики. Лампа «заперта», ее анодный ток в момент покоя равен нулю. Если в таких условиях к лампе подвести напряжение возбуждения с амплитудой U_{mc}, то в анодной цепи появятся импульсы тока в форме «половинок периодов» с максимальным значением $I_{a\ макс}$. Иначе говоря, кривая усиливаемых колебаний исказится до неузнаваемости: срежется вся ее нижняя половина (рис. 16). Такой режим может показаться совершенно непригодным для низкочастотного усиления — слишком уже велики искажения. Но подождем делать этот вывод о непригодности.

Спрямим у характеристики (рис. 16) нижний изгиб, превратим реальную характеристику в идеализированную, совершенно прямолинейную (рис. 17). Нелинейные искажения вследствие наличия нижнего изгиба пропадут, но останется срез половины кривой усиливаемых колебаний. Если бы удалось этот недостаток устранить или компенсировать, такой режим можно было бы использовать для низкочастотного усиления. Он выгоден: в моменты пауз, когда напряжение возбуждения не по-

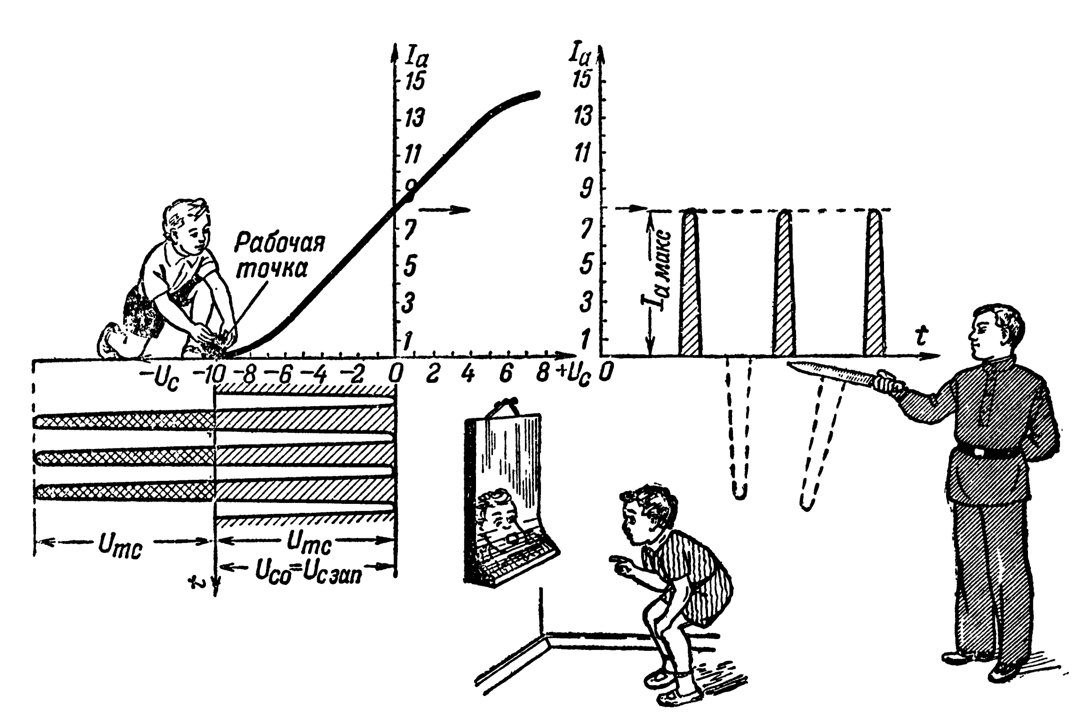


Рис. 16 Работа лампы, когда рабочая точка сдвинута в начало характеристики.

дается, лампа заперта и не потребляет ток от источника анодного напряжения. Но как устранить или компенсировать срезание половины кривой?

Возьмем не одну лампу, а две, и заставим их работать попеременно: одну — от одного полупериода напряжения возбуждения, а другую — от другого, следующего за первым. Когда одна лампа будет «отпираться», другая в этот момент начнет «запираться», и наоборот. Каждая лампа в отдельности будет воспроизводить свою половину кривой, а совместным их действием будет воспроизведена полностью вся кривая. Искажение устранится. Но как для этого соединить лампы?

Конечно, по двухтактной схеме, изображенной на рис. 15. Только на сетку каждой из ламп в этой схеме придется подать напряжение смещения $U_{c0} = U_{c\ зап}$. Пока напряжение возбуждения не подается, обе лампы «заперты» и их анодные токи равны нулю. Но вот подано напряжение возбуждения и лампы поочередно начинают «отпираться» и «запираться» (рис. 18), работая импульсами, толчками.

Если характеристики ламп совершенно прямолинейны, лампы в точности одинаковы и отсечки у каждой из них выбраны правильно, то искажений не получается совершенно. Такой режим усиления, применяемый только для двухтактных схем, получил название идеального *режима* В.

Но в реальном режиме В, с реальными характеристиками, неизбежны нелинейные искажения из-за нижнего изгиба. Это и заставляет во многих случаях отказываться от использования режима В, вообще наиболее экономичного из всех режимов низкочастотного усиления. Какой же режим низкочастотного усиления может быть рекомендован?

Режим А, как мы теперь знаем, мало экономичен, и его применение в мощных усилителях не всегда оправдывается. Он хорош только для маломощных каскадов. Случаи использования режима В также ограничены.

Но есть режим, занимающий промежуточное положение между режимами А и В,— это *режим* АВ. Однако, прежде чем ознакомиться с ним, укажем на принятое подразделение существующих режимов усиления. Если в процессе усиления получается заход в область сеточных токов, в правую область, то к обозначению режима прибавляется индекс 2, если же работа производится без токов сетки — индекс 1. Так различают режимы B_1 и B_2 (рис. 19), режимы AB_1 и AB_2. Обозначения A_1 и A_2 почти не встречаются: режим А — режим совершенно без искажений, а значит, и без токов сетки. Просто — режим А.

Теперь ознакомимся с режимом АВ. В этом режиме, как и в режиме В, лампы работают с отсечкой анодного тока, но рабочая точка на характеристике находится правее и выше,

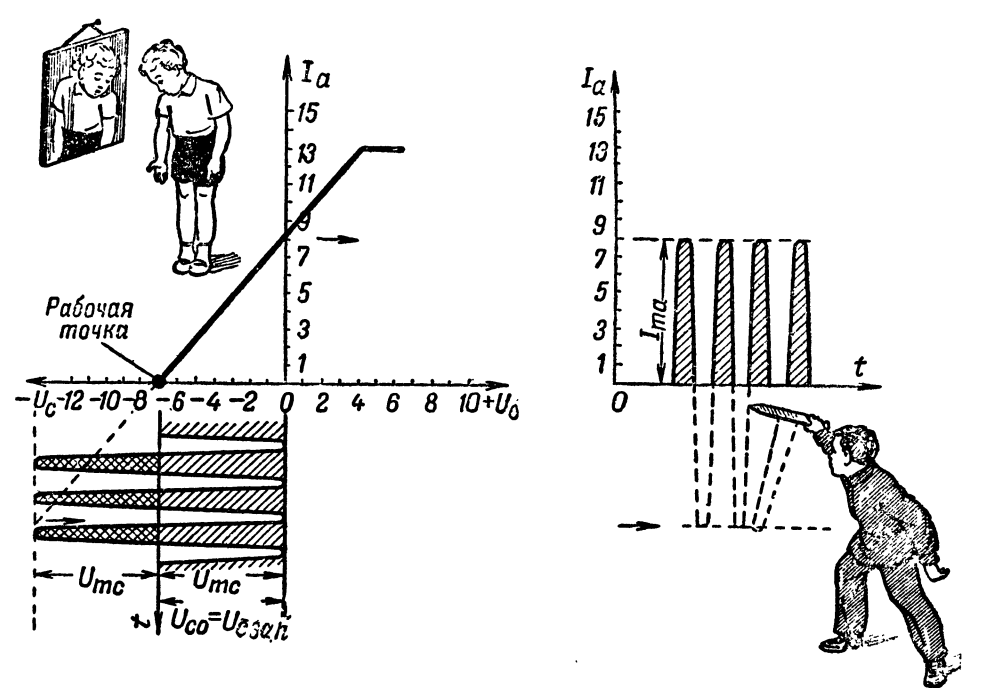


Рис. 17. Работа лампы с полной отсечкой.

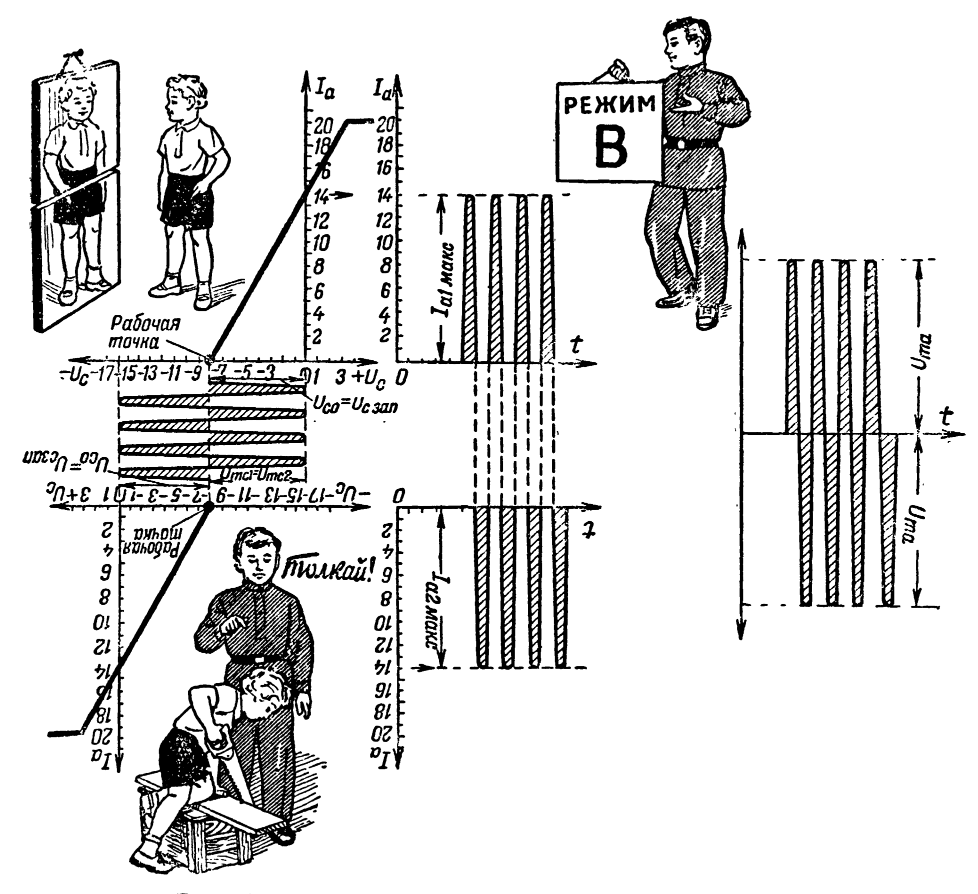


Рис. 18. Работа двухтактной схемы в режиме класса В.

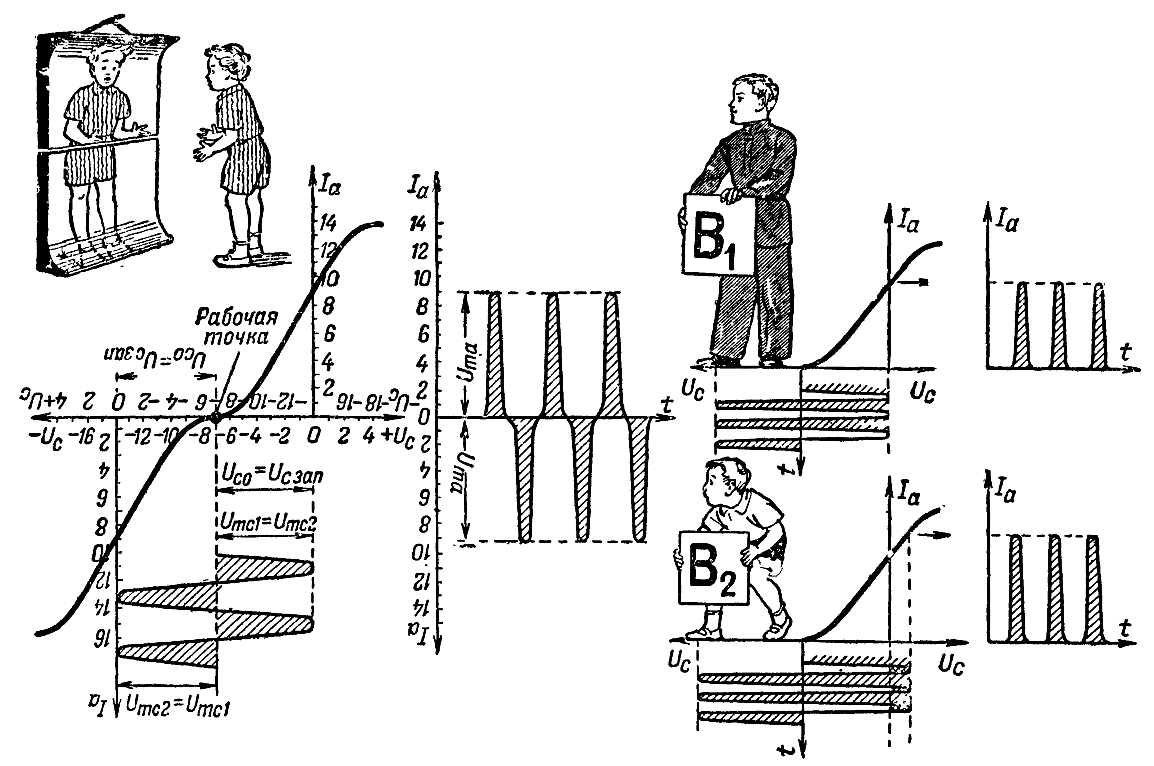


Рис. 19. Чем отличается работа двухтактной схемы в режиме B_1 и B_2.

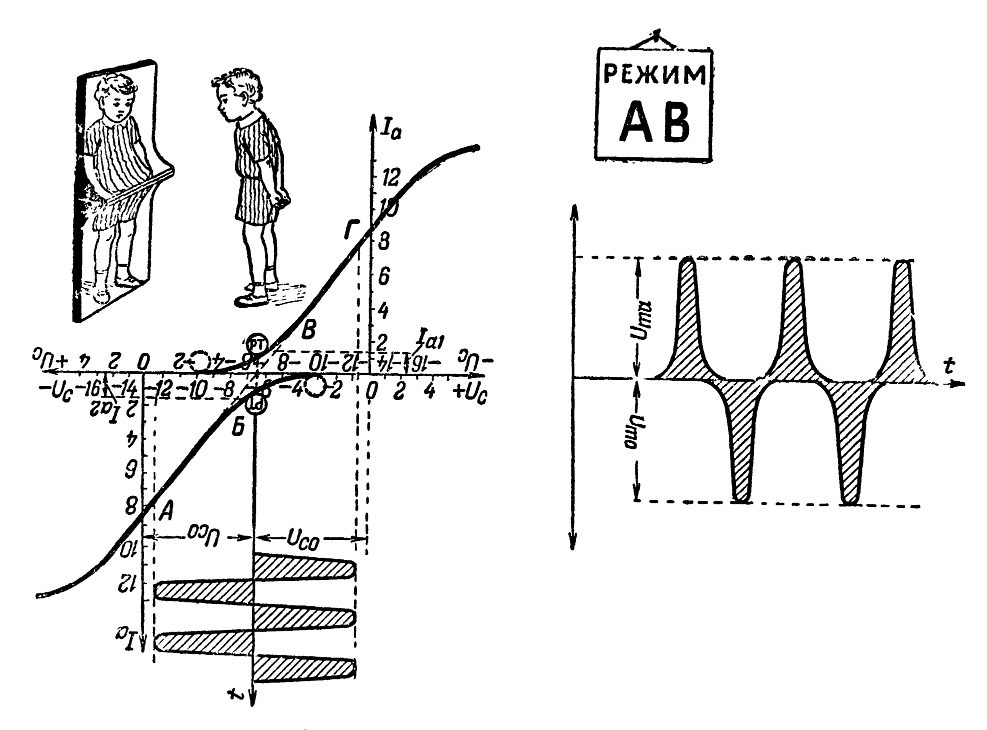


Рис 20. Работа двухтактной схемы в режиме класса АВ

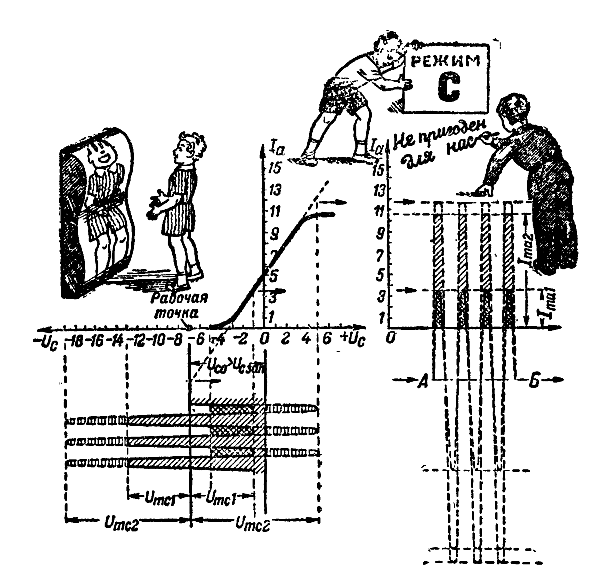


Рис. 21. Работа лампы в режиме класса С.

чем в режиме В. В моменты пауз токи через лампы не прекращаются, хотя они и невелики (I_{a1} и I_{a2}). Положение рабочей точки *РТ* (рис. 20) определяется таким условием: результирующая характеристика *АБВГ* ламп, работающих в двухтактной схеме (для однотактных схем режим АВ вообще непригоден), должна быть как можно прямолинейнее. В то же время токи I_{a1} и I_{a2} желательно иметь малыми, поскольку их величина в значительной степени определяет к. п. д.. Этим условиям удовлетворяет положение рабочей точки *РТ*, указанное на рис. 20. Режим $АВ_2$ более экономичный, чем режим $АВ_1$ (к. п. д. в режиме $АВ_2$ достигает 65%, тогда как в режиме $АВ_1$ лишь 50%); он применяется в каскадах большой мощности (более 100 *вт*). В каскадах средней мощности (до 100 *вт*) рекомендуется применять режим $АВ_1$. Искажения в режиме $АВ_2$ заметно большие, чем в режиме $АВ_1$.

Наконец, известен еще один режим усиления — *режим* С. Он характерен тем, что рабочая точка в этом режиме устанавливается на оси сеточных напряжений левее точки «запирания лампы. На сетку лампы подается отрицательное напряжение смещения $U_{c0} > U_{c\ зап}$. В моменты пауз лампа «заперта», и она, «отпирается» только для того, чтобы пропустить кратковременный импульс тока, длящийся менее половины периода. Обычно U_{mc} по абсолютному значению больше U_{c0}, вследствие чего осуществляется заход в область сеточных токов и даже имеет место верхняя отсечка (как показано на рис. 21 для U_{mc2}). Искажения в режиме С настолько велики, что этот режим непригоден для низкочастотного усиления. Но он наиболее экономичен из всех режимов вообще (к. п. д. доходит до 75—80%) и поэтому применяется для усиления высокочастотных колебаний в радиопередающих устройствах, где нелинейные искажения не имеют такого значения, как в технике низкочастотного усиления.

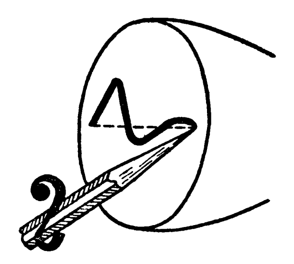
ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВЫЕ ТРУБКИ[1]

Электронно-лучевая трубка, изобретенная еще в 1897 г., является электровакуумным прибором, который имеет много общего с обычной электронной лампой. Внешне трубка представляет собой стеклянную колбу с удлиненной горловиной и плоской торцовой частью — экраном.

Внутри колбы и горловины, так же как и внутри баллона электронной лампы, располагаются электроды, выводы которых, так же как и у лампы, подпаяны к ножкам цоколя.

Основное назначение электронно-лучевой трубки — образование видимого изображения с помощью электрических сигналов. Подводя к электродам трубки соответствующие напряжения, можно «рисовать» на ее экране графики переменных напряжений и токов, характеристики различных радиоустройств, а также получить движущиеся изображения подобно тем, которые мы видим на экране кино.

Все это делает электронно-лучевую трубку незаменимой частью телевизоров, радиолокаторов, многих измерительных и вычислительных приборов.

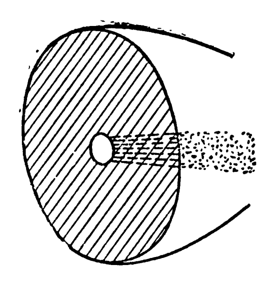
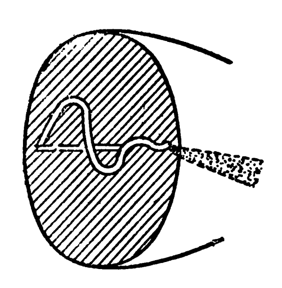


Какой же «быстрый карандаш» успевает зарисовать на экране электронно-лучевой трубки импульсы тока, которые длятся миллионные доли секунды? Каким образом удается подбирать тона сложного рисунка? Как можно мгновенно «стирать» с экрана одно изображение и с такой же быстротой создавать другое?

ЛЮМИНЕСЦИРУЮЩИЙ ЭКРАН И ЭЛЕКТРОННЫЙ ЛУЧ. В основе работы электронно-лучевой трубки лежит способность некоторых веществ (виллемит, сернистый цинк, алюминат цинка) светиться (люминесцировать) под действием электронной бомбардировки.

Если таким люминесцирующим веществом покрыть изнутри анод обычной электронной

[1] «Радио», 1956, № 9.

лампы, то он будет ярко светиться за счет бомбардировки электронами, образующими анодный ток. Между прочим, такой люминесцирующий анод используется в одной из специальных электронных ламп — оптическом индикаторе настройки 6Е5С. Люминесцирующим составом покрывают изнутри утолщенный торец колбы, образуя таким образом люминесцирующий экран электронно-лучевой трубки. С помощью специального устройства — «электронной пушки» из горловины трубки на экран направляют узкий пучок электродов — «электронный луч». В том месте, где электроны ударяются о люминесцирующий слой, на экране образуется светящаяся точка, которая отлично видна (с торца) снаружи трубки сквозь стекло. Чем большее количество электронов образует луч и чем с большей скоростью эти электроны движутся, тем ярче светящаяся точка на люминесцирующем экране.

Если электронный луч перемещать в пространстве, то и светящаяся точка также будет двигаться по экрану, причем если перемещение луча происходит достаточно быстро, то наш глаз вместо движущейся точки увидит на экране сплошные светящиеся линии.

Если электронным лучом быстро прочертить весь экран, строку за строкой и при этом соответствующим образом менять ток луча (т. е. яркость светящейся точки), то на экране можно будет получить сложную и достаточно четкую картину.

Таким образом, изображение на люминесцирующем экране трубки получается с помощью остро направленного пучка электронов и поэтому так же, как и в электронной лампе, основные процессы в трубке связаны с получением и упорядоченным движением свободных электронов в вакууме.

ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВАЯ ТРУБКА И ТРИОД. Электронно-лучевая трубка во многом напоминает усилительную лампу — триод. Так же как и в лампе, в трубке имеется катод, испускающий электроны, необходимые для образования электронного луча. От катода трубки электроны движутся к экрану, который, так же как и анод триода, имеет высокий положительный потенциал относительно катода.

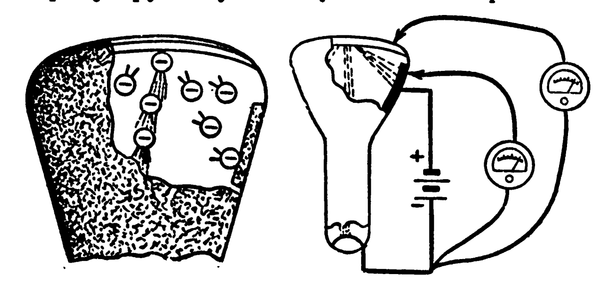
Однако подача положительного напряжения непосредственно на экран затруднена, так как люминесцирующее вещество является полупроводником. Поэтому положительные напряжения на экране приходится создавать косвенным путем. Вблизи экрана колбу изнутри покрывают слоем графита, на который и подают положительное напряжение. Электроны, образующие луч, с силой ударяя в люминесцирующее вещество, «выбивают» из него так называемые «вторичные» электроны, которые упорядоченно движутся к графитовому покрытию под действием положительного напряжения на нем.

В первый момент число вторичных электронов, покидающих экран, намного превышает число попадающих в него электронов луча. Это приводит к тому, что в атомах люминесцирующего вещества образуется нехватка электронов, т. е. экран приобретает положительный потенциал. Равновесие между числом попадающих на экран электронов и числом вызываемых из него вторичных электронов установится лишь тогда, когда напряжение на экране трубки окажется близким к напряжению на графитовом покрытии. Таким образом, ток в электронно-лучевой трубке замыкается по пути катод—экран — графитовое покрытие, а следовательно, именно графитовое покрытие играет роль анода, хотя электроды, вылетевшие из катода, непосредственно на него не попадают.

Вблизи катода трубки располагается управляющий электрод (модулятор), который играет ту же роль, что и управляющая сетка триода. Меняя напряжение на управляющем электроде, можно изменять величину тока луча, что в свою очередь приведет к изменению яркости светящейся на экране точки.

Однако наряду со сходством между усилительной электронной лампой и электронно-лучевой трубкой в работе последней имеются особенности, принципиально отличающие ее от триода.

Во-первых, электроны движутся от катода к экрану трубки узким пучком, в то время как

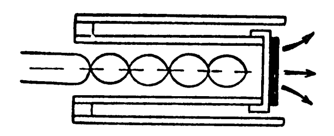


к аноду лампы они движутся «широким фронтом».

Во-вторых, для того чтобы, передвигая светящуюся точку по экрану, создавать на нем изображение, необходимо изменять направление движения летящих к экрану электронов и таким образом перемещать электронный луч в пространстве.

Из всего этого следует, что важнейшими процессами, отличающими трубку от триода, являются образование тонкого электронного луча и отклонение этого луча в разные стороны.

ОБРАЗОВАНИЕ И ФОКУСИРОВКА ЭЛЕКТРОННОГО ЛУЧА. Образование электронного луча начинается уже около катода электронно-лучевой трубки, который (см. рисунок) состоит из маленького никелевого цилиндра с колпачком, покрытым эмитирующим (хорошо испускающим электроны при нагревании) материалом. Внутри цилиндра помещается изолированная проволока — подогреватель. Благодаря такой конструкции катода электроны излучаются со значительно меньшей поверхности, чем в обычной электронной



лампе. Это сразу создает некоторую направленность пучку летящих от катода электронов.

Катод электронно-лучевой трубки помещен в тепловой экран — металлический цилиндр, торцовая часть которого, направленная в сторону колбы, открыта. Благодаря этому электроны движутся от катода не во все стороны, как это имеет место в лампе, а только в направлении люминесцирующего экрана. Однако, несмотря на специальную конструкцию катода и тепловой экран, поток движущихся электронов остается чрезмерно широким.

Резкое сужение потока электронов осуществляется управляющим электродом, который хотя и выполняет роль управляющей сетки, однако конструктивно ничего общего с сеткой не имеет. Управляющий электрод выполнен в виде накрывающего катод цилиндра, в торцовой части которого сделано круглое отверстие диаметром в несколько десятых долей миллиметра.

На управляющий электрод подают значительное (несколько десятков вольт) отрицательное смещение, благодаря чему он отталкивает электроны, обладающие, как известно, отрицательным зарядом. Под действием отрицательного напряжения траектории (пути движения) электронов, проходящих сквозь узкое отверстие в управляющем электроде, «сжимаются» к центру этого отверстия и таким образом образуется довольно тонкий электронный луч.

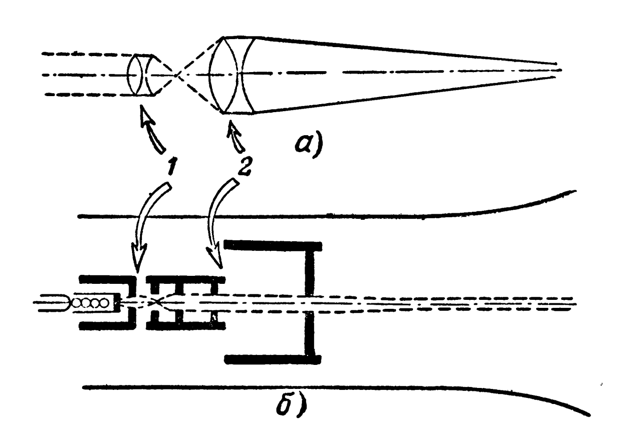


Рис. 1. «Электронная пушка» и ее оптическая аналогия.

Однако для нормальной работы трубки нужно не только создать электронный луч, но и произвести его фокусировку, т. е. добиться того, чтобы траектории всех электронов луча сходились на экране в одной точке. Если фокусировки луча не производить, то на экране вместо светящейся точки появится довольно большое светящееся пятно и вследствие этого изображение окажется расплывчатым, или, как говорят фотолюбители, «нерезким».

Фокусировка луча осуществляется электронной оптической системой, которая действует на движущиеся электроны так же, как и обычная оптика на световые лучи. Электронная оптическая система образуется электростатическими линзами (статическая фокусировка) либо электромагнитными линзами (магнитная фокусировка), конечный результат действия которых одинаков.

Электростатическая линза это не что иное (рис. 1), как образованное с помощью специальных электродов электрическое поле, под действием которого искривляются траектории электронов луча. В трубке со статической фокусировкой обычно имеются две линзы, для образования которых используют уже известный нам управляющий электрод, а также два специальных электрода: первый и второй аноды. Оба эти электрода представляют собой металлические цилиндры иногда разных диаметров, на которые подают большое положительное (относительно катода) напряжение: на первый анод обычно 200—500 *в*, на второй — 800—2 500 *в*.

Первая линза образуется между управляющим электродом и первым анодом. Под дей-

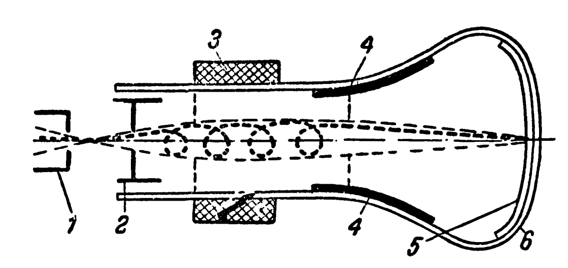


Рис. 2. Трубка с магнитной фокусировкой.
1—управляющий электрод; 2—первый анод; 3—фокусирующая катушка; 4—графитовое покрытие; 5—люминесцирующий экран; 6—колба.

ствием отрицательного потенциала управляющего электрода пучок электронов сжимается, а под действием положительного напряжения на первом аноде — несколько расширяется. Таким образом, действие первой электростатической линзы на электронный луч аналогично действию двояковогнутой стеклянной линзы, рассеивающий луч света.

Вторая линза образуется в области, близкой к концу первого анода. Ее действие аналогично действию двояковыпуклой стеклянной линзы, собирающей световой луч.

На первый взгляд это может показаться странным, так как второй анод имеет более высокий положительный потенциал, чем первый анод, и поэтому электронный луч, казалось бы, должен расширяться, переходя из электрического поля первого анода в поле второго анода. Однако в действительности дело обстоит иначе.

Под действием положительного напряжения на первом аноде электроны несколько отклоняются от прямого пути, приближаясь к стенкам анода. В то же время сильное электрическое поле второго анода ускоряет движение электронов в направлении к люминесцирующему экрану. Таким образом, наряду с силой, отклоняющей движущиеся электроны от условной оси трубки (эта сила создается электрическим полем первого анода), появляется сила, противодействующая такому отклонению (эта сила создается электрическим полем второго анода). Благодаря этому по мере приближения электронов ко второму аноду их траектории искривляются в сторону условной оси трубки и поэтому вторая электростатическая линза «сжимает» электронный пучок, фокусируя его в точке на поверхности экрана.

Внутри анодов располагают тонкие металлические пластины с отверстиями в центре — диафрагмы, которые улучшают фокусирующие свойства линз.

Изменяя напряжение на любом из трех образующих электростатические линзы электродов, можно менять свойства линз, добиваясь хорошей фокусировки луча. Обычно это делают путем изменения напряжения на первом аноде.

Несколько слов о названии электродов «первый анод» и «второй анод». Раньше мы установили, что роль анода в электронно-лучевой трубке играет графитовое покрытие вблизи экрана. Однако первый и второй аноды, в основном предназначенные для фокусировки луча, благодаря наличию на них большого положительного напряжения ускоряют электроны, т. е. делают то же, что и анод усилительной лампы. Поэтому название этих электродов можно считать оправданным, тем более, что на них попадает некоторая часть вылетающих из катода электронов.

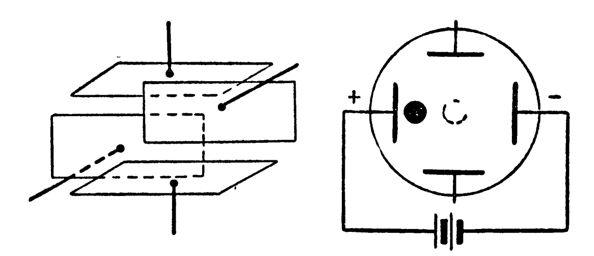
В электронно-лучевых трубках с магнитной фокусировкой (рис. 2) второй анод отсутствует. Роль собирающей линзы в этой трубке играет магнитное поле. Это поле образуется охватывающей горловину трубки катушкой, по которой пропускают постоянный ток. Магнитное поле катушки создает вращательное движение электронов. В то же время электроны с большой скоростью движутся параллельно оси трубки к люминесцирующему экрану под действием положительного напряжения на нем. В результате этого траектории электронов представляют собой кривую, напоминающую винтовую линию. По мере приближения к экрану скорость поступательного движения электронов возрастает, а действие магнитного поля ослабляется. Поэтому радиус кривой постепенно уменьшается и вблизи экрана пучок электронов вытягивается в тонкий прямой луч. Хорошей фокусировки, как правило, добиваются путем изменения тока в фокусирующей катушке, т. е. путем изменения напряженности магнитного поля.

Всю систему образования и фокусировки электронного луча в трубках как со статической, так и с магнитной фокусировкой часто называют «электронной пушкой» или «электронным прожектором».

ОТКЛОНЕНИЕ ЭЛЕКТРОННОГО ЛУЧА. Отклонение электронного луча, так же как и его фокусировка, осуществляется с помощью электрических полей (электростатическое отклонение) либо с помощью магнитных полей (магнитное отклонение).

В трубках с электростатическим (рис. 3,*а*) отклонением электронный луч, прежде чем попасть на экран, проходит между четырьмя плоскими металлическими пластинами-электродами, которые получили название отклоняющих пластин. Отклоняющие пластины расположены попарно, как показано на рисунке.

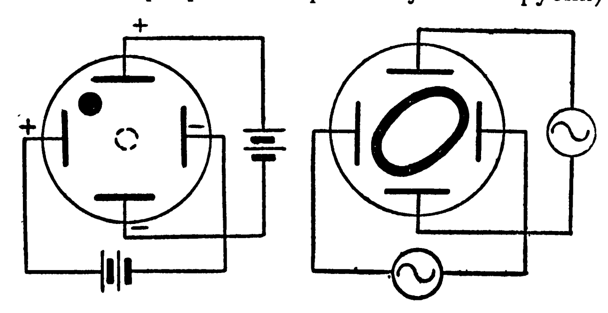
Если к двум находящимся друг против друга пластинам подвести постоянное напря-



жение, то пучок электронов сместится в сторону той пластины, на которой будет положительный потенциал. В зависимости от того, в каком направлении отклоняющие пластины смещают электронный луч, в трубке различают пластины горизонтального и вертикального отклонений.

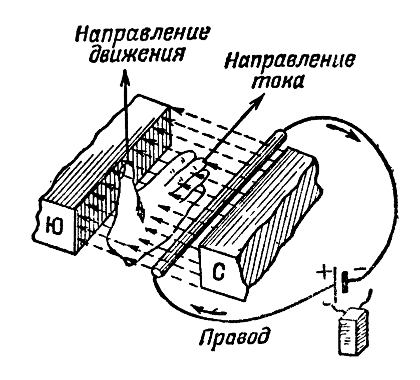
Подобрав соответствующие напряжения на отклоняющих пластинах, можно сместить светящуюся точку в любое место экрана.

Отклоняющие пластины располагаются так, что луч сначала проходит между пластинами вертикального отклонения, а затем уже между пластинами горизонтального отклонения (см. рисунок — разрез электронно-лучевой трубки).



Поэтому у трубок с электростатическим отклонением луча чувствительность к вертикальному отклонению несколько повышена.

Если подать на отклоняющие пластины переменные напряжения, то электронный луч будет быстро перемещаться в различных направлениях. При этом на экране трубки появится изображение, определяемое величиной, формой, частотой и фазой переменных напряжений.



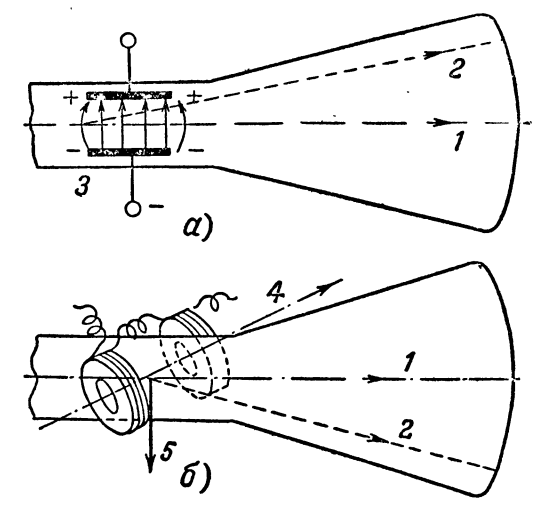


Рис. 3. Управление лучом при помощи: *а* — электростатического и *б*—электромагнитного полей *1* — путь электрона при отсутствии и *2* — при действии отклоняющих полей.

В трубках с магнитным отклонением луча (рис. 3,*б*) роль отклоняющих пластин выполняют расположенные на горловине трубки катушки, магнитное поле которых воздействует на электронный луч.

Для того чтобы уяснить себе, как происходит отклонение луча магнитным полем, нужно

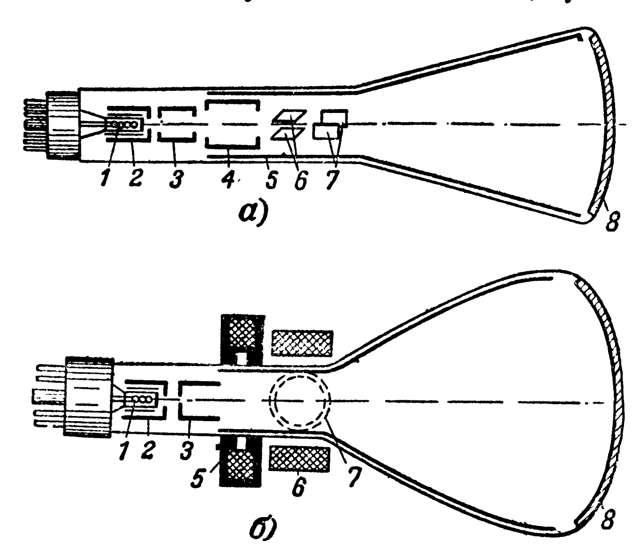


Рис. 4 *а*—Электронно-лучевая трубка с электростатической фокусировкой и электростатическим отклонением.

1—катод; *2*—управляющий электрод; *3*—первый анод; *4*—второй анод; *5*—графитовое покрытие; *6*—пластины вертикального отклонения; *7*—пластины горизонтального отклонения;

б—Электронно-лучевая трубка с магнитной фокусировкой и магнитным отклонением.

1—катод; *2*—управляющий электрод; *3*—анод; *4*—графитовое покрытие; *5*—фокусирующая катушка; *6*—катушка горизонтального отклонения; *7*—катушка вертикального отклонения; *8*—люминесцирующий экран.

вспомнить, как проводник с током выталкивается из магнитного поля.

Электронный луч, который можно рассматривать как проводник с током, в зависимости от направления магнитного поля катушки будет смещаться в том или ином направлении. Изменяя направление и величину тока в катушках, можно отклонять электронный луч, перемещая светящуюся точку по экрану так же, как и в трубках с электростатическим отклонением.

В зависимости от назначения трубки катушки горизонтального отклонения могут конструктивно отличаться от катушек вертикального отклонения.

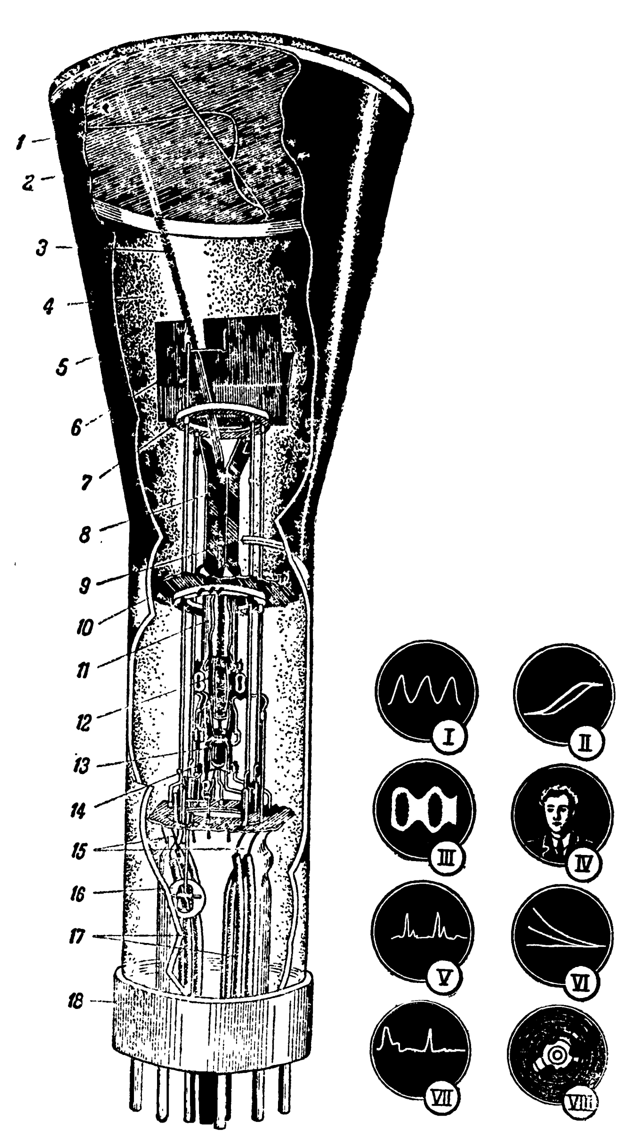
В настоящее время получили распространение следующие три типа электронно-лучевых трубок.

1. Трубки с электростатической фокусировкой и электростатическим отклонением луча. Эти трубки применяются в основном в измерительной и радиолокационной аппаратуре (рис. 4,*а*).

2. Трубки с магнитной фокусировкой и магнитным отклонением луча. Эти трубки нашли широкое применение в телевизорах (рис. 4,*б*).

3. Трубки с электростатической фокусировкой и магнитным отклонением луча. По такой системе выполнены приемные телевизионные трубки (кинескопы) последних разработок.

Нашей промышленностью выпускается большое количество самых различных электронно-лучевых трубок. В этой статье мы рассказали только об общих принципах работы трубки и касались особенностей электронно-лучевых трубок, применяемых в телевизионной аппаратуре, радиолокационных станциях, измерительных приборах и электронно-вычислительных машинах.



Разрез электронно лучевой трубки с электростатическим управлением лучом:
Примеры некоторых применений электроннолучевых трубок.

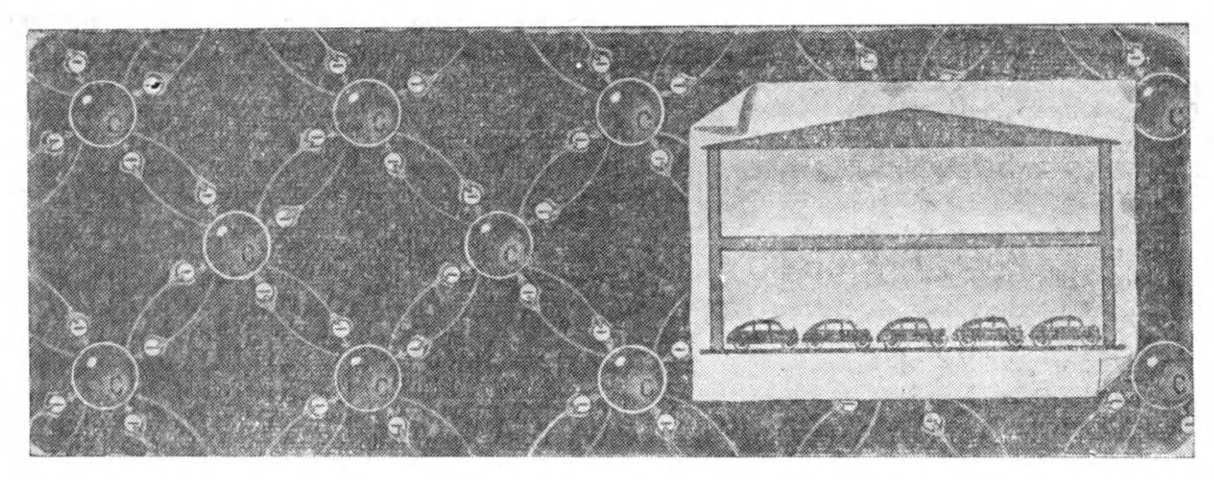
I—исследование формы переменного тока на экране трубки кривая тока; *II*—исследования магнитных свойств материалов, на экране трубки—петля гистерезиса; *III*—измерение глубины модуляции, на экране трубки видна форма модулируемого сигнала; *IV*—телевидение—на экране приемной трубки-кинескопа видно изображение; *V*—исследование физиологических процессов, на экране трубки можно, например, видеть кривые, характеризующие работу сердца; *VI*—на экране трубки видна кривая—индикаторная диаграмма, по которой можно судить о работе двигателя или машины (в данном случае двигателя внутреннего сгорания); *VII*—экран радиолокационного индикатора дальности; *VIII*—экран радиолокационного индикатора кругового обзора.

1—осциллограмма на экране трубки; *2*—светящееся покрытие экрана—люминофор; *3*—Пучок электронов—электронный луч; *4*—графитовое покрытие внутренней стенки колбы; *5*—стеклянная колба; *6*—пластины, отклоняющие электронный луч в горизонтальной плоскости; *7*—изоляционное кольцо; *8*—пластины, отклоняющие электронный луч в вертикальной плоскости; *9*—контакт к графитовому покрытию; *10*—кольцо крепления; *11*—первый анод—ускоряющий электрод; *12*—второй анод—фокусирующий электрод; *13*—„сетка"—управляющий электрод; *14*—катод и подогреватель; *15*—металлические вводы; *16*—поглотитель остатков газа в колбе; *17*—изолированные соединительные провода; *18*—цоколь.

КРИСТАЛЛЫ С ОГРОМНЫМ БУДУЩИМ[1]

В последние годы мы стали свидетелями значительных успехов в разработке полупроводниковых приборов. Это позволяет во многих радиотехнических устройствах не только заменять электронные лампы полупроводниковыми выпрямителями (диодами) и усилителями (триодами), но и создавать новые радиотехнические схемы, используя важнейшие преимущества полупроводниковых приборов: малую потребляемую мощность холостого хода, отсутствие накаливаемого катода, а следовательно, и затраты энергии на это, малые габариты, высокую механическую прочность и исключительную долговечность (десятки тысяч часов).

[1] Б. М. Вул «Техника молодежи», 1956, № 5.



Кристаллическая решетка идеального диэлектрика (алмаз). Каждый атом углерода прочно связан с четырьмя соседними атомами. Свободных электронов и оставшихся после их потери «дырок» — положительно заряженных атомов углерода — в нем нет. Поэтому нет и движения носителей зарядов в кристалле. Это аналогично двухэтажному гаражу, в котором движение автомашин на верхнем этаже отсутствует (нет свободных электронов), невозможно оно и на нижнем этаже (нет свободных мест — «дырок»).

ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТЬ ПОЛУПРОВОДНИКОВ. Полупроводники по своим свойствам проводить электрический ток занимают промежуточное место между проводниками и изоляторами.

Электрический ток представляет собой упорядоченное движение электронов и ионов под воздействием приложенного к какому-либо телу электрического напряжения. Строение проводников таково, что в них и при отсутствии внешних воздействий—тепла, излучений (свет, ультрафиолетовые, рентгеновские и гамма-лучи), сильных электрических полей — всегда имеются в очень больших количествах свободные электроны, хаотически движущиеся внутри проводника. И подобно тому как хаотическое тепловое движение молекул газа в трубе при одинаковом давлении не создает потока газа, так и хаотическое движение электронов в проводнике не создает тока. Но если проводник включить в цепь, имеющую источник электрического напряжения, то в нем под влиянием разности потенциалов происходит движение электронов от отрицательного полюса к положительному, подобно тому как перепад давления в трубе вызывает поток газа через нее.

Изоляторы, или диэлектрики, устроены иначе. В них при нормальных окружающих условиях свободных электронов ничтожно мало. Поэтому при прочих равных условиях токи, текущие через них, столь малы, что практически ими можно пренебречь.

Если исключены внешние воздействия: тепловые, лучистые и т. п., то полупроводник подобен диэлектрику — в нем нет свободных электронов. Однако для этого приходится создавать специальные условия: сильно понижать температуру, защищать их от воздействия света и т. д. В нормальных же условиях, например при комнатной температуре, тепловое движение частиц в полупроводнике обладает уже достаточной энергией, чтобы освобождать электроны, так как они слабо связаны со своими атомами.

ЭЛЕКТРОН и «ДЫРКИ». Атомы таких полупроводников, как германий и кремний, образуя твердое кристаллическое тело, связываются между собой посредством своих внешних, валентных, электронов.

Каждый атом германия или кремния обладает четырьмя валентными электронами. Атомы располагаются в кристаллической решетке вещества таким образом, что каждый атом окружен четырьмя соседями, и связь между каждым атомом и его соседом осуществляется двумя электронами по одному от каждого атома. Валентные электроны не фиксированы в определенных атомах. И так как они по заряду и массе тождественны друг другу, то взаимные переходы электронов от атома к атому внешне ничем не проявляются. В том случае, когда все валентные связи кристалла заполнены, слабые внешние электрические воздействия тока сквозь полупроводник не вызывают. В нем могут происходить только взаимоперемещения, т. е. если какой-нибудь электрон от атома *А* переходит к атому *Б*, то это возможно только одновременно с обратным переходом электронов от атома *Б* к атому *А*. Такие взаимопереходы, если они происходят даже в электрическом поле, внешне никак также не проявляются.

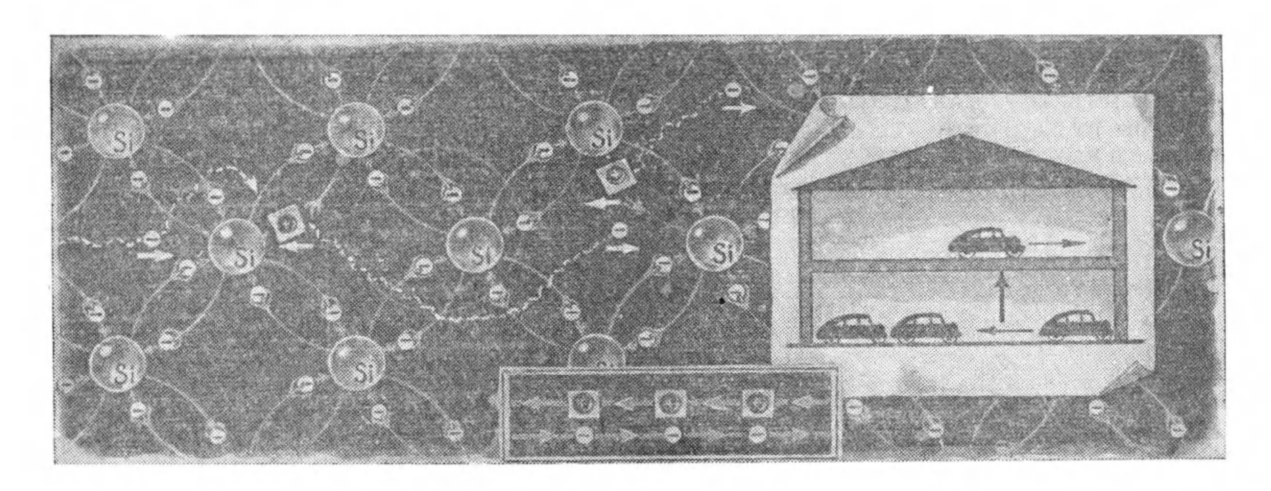
Иначе складываются условия в том случае, когда не все валентные связи между атомами заполнены, т. е. когда среди них имеются как бы пустые места, или, как их принято условно называть, «дырки». В этом случае существует известная свобода для движения и перемещения валентных электронов, приводящая к заполнению свободных связей, или дырок, и не сопровождающаяся обратными переходами. Естественно, что такое заполнение электронами одних дырок происходит за счет возникновения такого же числа дырок в других местах кристалла. В отсутствие внешнего электрического поля движение валентных электронов, т. е. замещение и освобождение связей, является хаотическим и поэтому как электрический ток не проявляется. Под воздействием же внешнего поля вся совокупность валентных электронов стремится к такому распределению, чтобы полностью заполнить связи, расположенные ближе к положительному электроду, и оставить пустыми связи, более близкие к отрицательному электроду. Ввиду того, что число дырок практически очень мало по сравнению с числом заполненных связей и они выделяются как особые, редко разбросанные точки на общем фоне множества заполненных связей, то результат движения совокупности всех валентных электронов можно проще изображать как перемещение относительно небольшого числа свободных пустых мест, или дырок. Но так как недостаток электрона в каком-либо атоме означает избыток равного ему положительного заряда, то дырке условно приписывают обладание положительным зарядом. И поскольку для упорядоченного перемещения дырок от атома к атому требуется внешнее воздействие, то им приписывают также некоторую эффективную массу. Заменяя описание реального движения всей совокупности валентных электронов упрощенной картиной перемещения дырок, которым приписывают определенные свойства, мы должны помнить об условности этой замены.

ЭЛЕКТРОННЫЙ И ДЫРОЧНЫЙ ПОЛУПРОВОДНИК. В предельно чистом полупроводнике каждый освобожденный электрон оставляет одну из валентных связей незаполненной, и поэтому число свободных электронов равно числу дырок. В электропроводности принимают участие в одинаковых количествах как свободные электроны, так и образовавшиеся после их ухода дырки. Однако для практических целей необходимо иметь возможность изменять в полупроводнике соотношение между свободными электронами и дырками. Это достигается прибавлением соответствующих примесей к предельно чистому полупроводнику. Для того чтобы во входящих в четвертую группу периодической системы Менделеева таких полупроводниках, как германий, кремний, преобладали свободные электроны, в них вводят в незначительной концентрации какой-либо элемент пятой группы, например сурьму. Она пятивалентна, т. е. наружная электронная оболочка атома состоит из пяти электронов.

Внедряясь в кристаллическую решетку, атомы сурьмы связываются с окружающими атомами германия. Так как концентрация вводимой примеси ничтожно мала, обычно около одной десятимиллионной, то общая структура кристаллической решетки германия сохраняется и каждый атом сурьмы связывается с четырьмя окружающими его атомами германия, для чего необходимо только четыре электрона. Пятый электрон у атома сурьмы оказывается лишним, и поэтому связи его с окружением настолько слабы, что достаточно энергии около 0,01 электрон-вольта, чтобы их нарушить. При комнатной температуре энергия теплового движения вполне достаточна для того, чтобы практически каждый атом сурьмы оказался лишенным этого электрона.

В результате в полупроводнике оказываются свободные электроны, количество которых практически равно количеству атомов примеси. Уход электрона от атома сурьмы приводит к образованию лишь положительно заряженного иона сурьмы, обладающего четырьмя валентными электронами и становящегося по валентности подобным германию. Все его связи с четырьмя окружающими атомами германия при этом оказываются заполненными, и поэтому освобождение электронов от атомов примеси не сопровождается возникновением дырок.

Если в предельно чистый германий ввести столь же незначительную примесь элемента, относящегося к третьей группе периодической системы Менделеева, как, например, индий, то получается полупроводник, в котором преобладают дырки. Каждый атом примеси в этом случае, связываясь с соседними атомами, присоединяет к себе от них один недостающий ему электрон, чтобы стать четырехвалентным. Тем самым атом примеси становится отрицательным ионом и довольно прочно удерживает захваченный лишний электрон, ранее заполнявший одну из каких-либо валентных связей между атомами германия. Дырка, оставшаяся у атома германия после присоединения его электрона к атому примеси, может перемещаться по полупроводнику путем замещения ее валентными электронами от других атомов германия, что приводит к образованию дырок в других местах кристалла. Так как электроны, оставляющие свои валентные связи, при



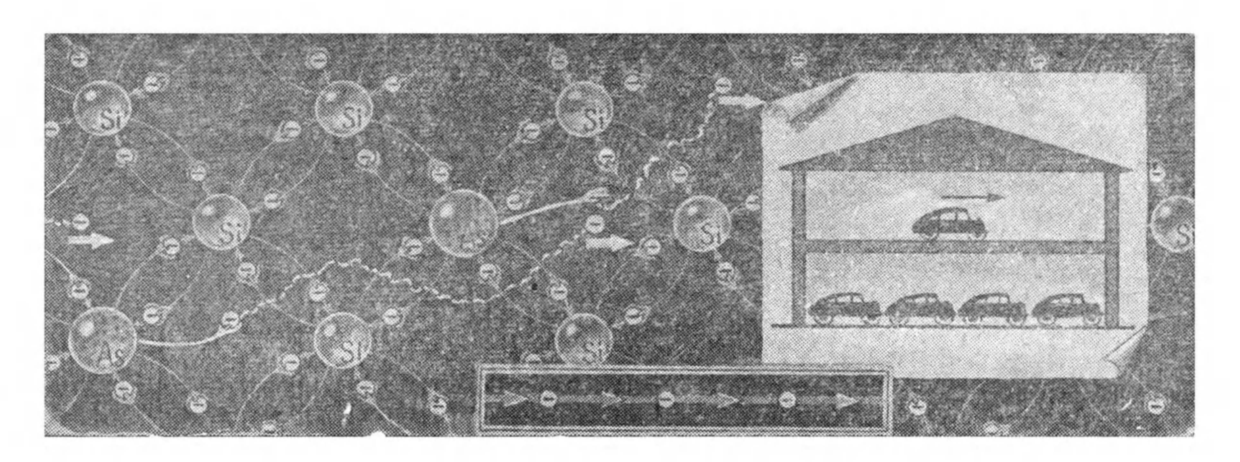
Кристалл полупроводника (кремния). Электроны в нем связаны со своими атомами значительно слабее, чем в алмазе, и уже при комнатных температурах в нем появляются свободные электроны, покидающие свои атомы, у которых вследствие этого образуются «дырки». В кристалле появляется хастическое движение носителей зарядов отрицательных и положительных (электронов и «дырок»), направленное всегда навстречу друг другу. Число их одинаково, и в кристалле происходит только взаимное перемещение зарядов, которое внешне никак не проявляется. В гараже поднятая на верхний этаж машина может двигаться в любом направлении (свободный электрон), в то время как в нижнем этаже движение машин ограничено («дырка» заполняется соседним, перескочившим в нее электроном).

этом закрепляются около атома примеси, то образование дырок не сопровождается освобождением электронов и количество образующихся дырок оказывается практически равным только количеству трехвалентных атомов примеси.

Полупроводник, в котором добавление примеси приводит к количественному преобладанию электронов над дырками, называют электронным или полупроводником с отрицательной проводимостью, а при обратном соотношении — дырочным или полупроводником с положительной проводимостью.

ЭЛЕКТРОННО-ДЫРОЧНЫЙ ПЕРЕХОД. Успехи, достигнутые в создании полупроводниковых приборов, во многом определяются тем, что научились изготовлять очень чистые и весьма совершенные по кристаллической структуре образцы полупроводников, обладающие в одной части электронной, а в другой — дырочной проводимостью. Граничная область между двумя частями такого полупроводника с разными типами проводимости называется электронно- дырочным, или э-д-переходом. В зарубежной литературе, а часто и в нашей, они называются также n-p-переходами.

Так как в электронной части имеется много электронов, а в дырочной части полупроводника их мало, то некоторые электроны распространяются и в дырочную часть благодаря самодиффузии, подобно тому как сахар, растворяясь в воде, постепенно распространяется из мест, в которых концентрация его больше, в места, где она меньше. Но в отличие от самодиффузии электрически нейтральных молекул сахара переход электронов связан также с переносом отрицательного электрического заряда. Поэтому переход электронов в дырочную часть полупроводника заряжает ее отрицательно, причем электронная часть вследствие ухода из нее электронов заряжается положительно. Самодиффузия дырок из дырочной части в электронную действует в том же направлении. Таким образом, внутри полупроводника на границе между электронной и дырочной его частями возникает переходная область, одна часть которой заряжена положительно, а другая — отрицательно. Эта область подобна электрическому конденсатору, на обкладках которого имеются заряды противоположного знака, но в отличие от него в э-д-переходе противоположные заряды не сосредоточены на поверхности, а диффузно распределены в тонком переходном слое. Как между пластинами заряженного конденсатора, так и между противоположно заряженными электронной и дырочной частями одного и того же полупроводника имеется разность потенциала, которая, однако, устанавливается и сохраняется не с помощью внешнего источника, а вследствие самодиффузии электронов внутри полупроводника. Эта разность потенциалов, однажды установившись, направлена таким образом, что затем уже препятствует дальнейшей самодиффузии и поддерживает равновесное состояние. Электроны в большом числе устремляются из электронной' части полупроводника в дырочную, однако уж накопленный



Кристалл с электронной (отрицательной) проводимостью. К кремнию примешано очень небольшое количество атомов пятивалентного мышьяка. Лишний, не имеющий в кристаллической решетке кремния своей связи электрон легко отрывается от атома мышьяка и становится свободным. На его место перемещается электрон, оторванный от другого атома примеси. Однако такие взаимоперемещения электронов в атомах кремния «дырки» не образуют. В кристалле возникает электрическая проводимость, носителями которой являются свободные электроны. В нашем гараже это представлено свободным движением машины по верхнему этажу (свободные электроны) при отсутствии движения на нижнем этаже (при образовании свободных электронов не возникают «дырки»).

в дырочной части отрицательный заряд отталкивает их обратно. Сила отталкивания тем больше, чем выше разность потенциалов между электронной и дырочной частями полупроводника. Поэтому только очень малая часть потока электронов может преодолевать отталкивание и проникнуть из электронной части в дырочную.

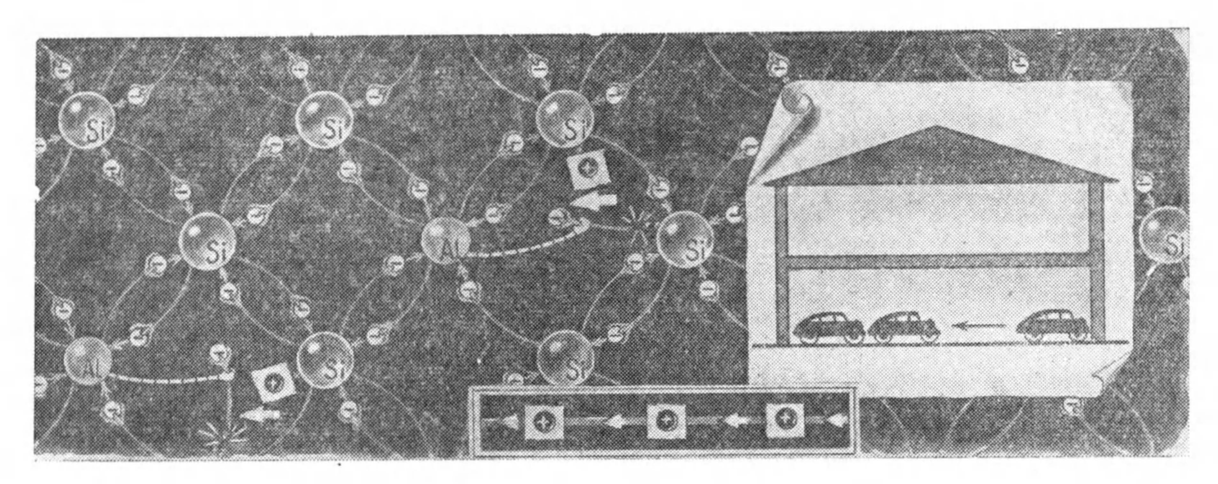
Наоборот, ничтожное количество электронов, имеющееся в дырочной части, не испытывает никаких препятствий у границы переходной области, поскольку дырочная часть вследствие ухода из нее части дырок заряжена отрицательно.

Если считать, что электронная часть находится слева, а дырочная — справа, то можно представить себе дело так, что из левой части в правую двигается мощный поток электронов, но у границ переходной области он встречает барьер, и только маленькая часть электронов, обладающих очень большими энергиями, может взобраться на этот барьер и проникнуть в правую часть. Наоборот, из правой части в левую двигается очень слабый поток электронов, но зато он весь легко скатывается с барьера в левую часть. Чем выше барьер, тем меньше проникает электронов из левой части в правую, но высота барьера не влияет на число электронов, которое скатывается из правой части в левую.

Когда к полупроводнику не приложено извне напряжение, то в нем, естественно, нет тока, а это возможно при наличии двух противоположных потоков электронов внутри него в том случае, когда они равны между собой. Таким образом, внутри образца между левой электронной частью и правой дырочной автоматически устанавливается такая по величине внутренняя разность потенциала, или, как ее называют, контактная разность потенцилов, при которой оба потока компенсируют друг друга. В полупроводниковых приборах из германия контактная разность потенциалов составляет несколько десятых вольта.

ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЙ ВЫПРЯМИТЕЛЬ (ДИОД). В отличие от вакуумного электронного выпрямителя (диода), в котором источником электронов является накаленная нить, полупроводниковый диод устроен проще. Он представляет собой кусочек полупроводника с электонно- дырочным переходом, не нуждающийся в подогреваемом катоде, так как электроны в нем и так имеются в достаточном количестве.

Если теперь полупроводниковый диод включить в электрическую цепь таким образом, что минус подвести к электронной части, а плюс к дырочной, то внешняя разность потенциалов будет противоположна по знаку контактной. Если например, контактная разность потенциалов была 0,5 *в*, а мы подключили 0,3 *в*, то разность потенциалов между обеими частями, или высота барьера, станет вместо 0,5 *в* только 0,2 *в*. Такое уменьшение барьера приведет к тому, что равновесие между потоками будет нарушено. Если при отсутствии внешнего напряжения только малая доля мощного потока электронов могла



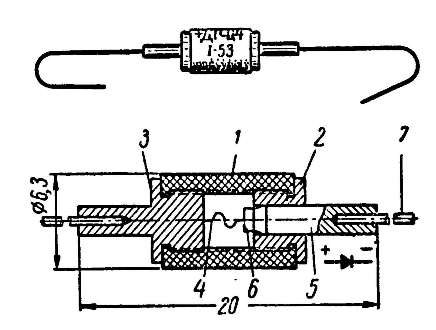
Кристалл с «дырочной» (положительной) проводимостью К кремнию примешано очень небольшое количество трехвалентных атомов алюминия. Атомы алюминия захватывают недостающие им для полного числа связей электроны от какого-либо соседа — атома кремния, вследствие чего у тех образуются «дырки», которые и заполняются электронами от других, далее расположенных атомов. В то время как электроны, перескакивая от атома к атому, только заполняют последовательно образующиеся «дырки», движение свободных электронов, а следовательно, и отрицательной проводимости в кристалле не возникает. За счет перемещения только «дырок» в кристалле создается только положительная проводимость. Эта аналогия и показана на рисунке гаража.

преодолеть барьер в 0,5 *в* и проникнуть из электронной части в дырочную, то теперь уже значительная часть этого потока может преодолеть это препятствие. Что же касается встречного слабого потока электронов, то он, как мы видим, не изменится, так как весь этот встречный поток сваливается с потенциального барьера и не зависит от того, с какой высоты он падает. По мере увеличения внешнего напряжения высота барьера будет становиться все меньше и преобладание одного потока над другим все большим и большим.

Аналогичные явления будут происходить и с дырками, но только их потоки будут двигаться навстречу электронам. Нарушение равновесия между встречными потоками электронов или дырок проявляется в замкнутой цепи как электрический ток, величина которого будет тем большей, чем в большей мере нарушено равновесие.

По мере того как уменьшается высота потенциального барьера, все более резко увеличивается доля потока заряженных частиц, могущих его преодолеть, и поэтому ток очень сильно зависит от внешнего напряжения.

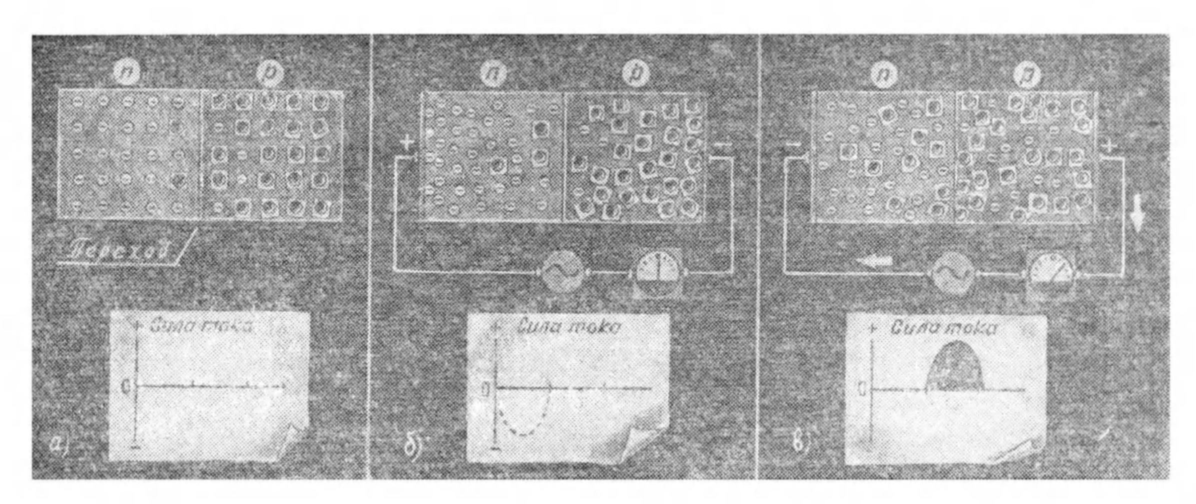
Если изменить полярность, т. е. приключить минус к дырочной, а плюс к электронной части, то внешнее напряжение будет увеличивать высоту потенциального барьера. При тех же численных величинах, что и в предыдущем случае, но только при переключении на обратную полярность, высота барьера вместо 0,5 *в* станет 0,8 *в*. Это уменьшит поток электронов, взбирающихся на барьер, но не увеличит потока электронов, скатывающихся с него. Поскольку оба потока относительно малы, то и разность между ними будет сравнительно малой величиной. Если еще увеличивать внешнее напряжение и соответственно высоту



Внешний вид и разрез точечного германиевого диода типа ДГЦ-4.

1—керамический патрон; *2* и *3*—нижний и верхний штырьки детектора; *4*—контактная пружинка; *5*—кристаллодержатель; *6*—германиевая пластинка; *7*—проволочные выводы.

барьера, то доля электронов, взбирающихся на барьер, станет совсем малой и ток будет определяться только слабым потоком электронов, спускающихся с него. Таким образом, пока увеличение внешнего напряжения ослабляет поток электронов из электронной части в дырочную, будет наблюдаться некоторое увеличение тока с ростом напряжения, поскольку будет изменяться разность между обоими противоположными потоками. Когда разность потенциалов и высота барьера станут столь высокими, что поток электронов из электрон-



Полупроводниковый выпрямитель. *а)* При отсутствии внешнего электрического поля между кристаллами с разной проводимостью движения носителей зарядов через границу (переход) между кристаллами не возникает. *б)* К кристаллу приложено электрическое напряжение. Носители зарядов в соответствующих кристаллах оттягиваются от перехода, и ток через кристалл не протекает. *в)* При перемене напряжения носители положительных зарядов («дырки») перемещаются в кристаллах влево, а носители отрицательных зарядов (электроны) — вправо. Через выпрямитель проходит электрический ток.

ной части в дырочную будет полностью перекрыт, то будет достигнут так называемый ток насыщения, имеющий практически очень малую величину вследствие ничтожно малой концентрации электронов в дырочной и дырок в электронной частях диода.

Когда напряжение приложено так, что плюс приключен к дырочной, а минус к электронной части, то ток сильно зависит от напряжения, и внешнее напряжение, снижая потенциальный барьер на электронно-дырочном переходе, как бы открывает вентиль для потоков заряженных частиц. Диод включен в проходном направлении.

Когда же напряжение приключено в обратном направлении, то оно, повышая потенциальный барьер, как бы закрывает вентиль на пути потока заряженных частиц, и в этом случае говорят, что диод включен в запирающем направлении.

ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЙ УСИЛИТЕЛЬ (ТРИОД). Триод отличается от диода лишь тем, что в нем имеются два электронно-дырочных перехода. В триоде средняя часть полупроводника по характеру электропроводности отличается от крайних его частей. Например, средняя часть обладает дырочной, а крайние части — электронной электропроводимостью. Такой тип триода принято называть n-p-n; существуют также триоды, у которых средняя часть обладает электронной, а крайние части — дырочной проводимостью, они относятся к типу p-n-p (пе-эн-пе).

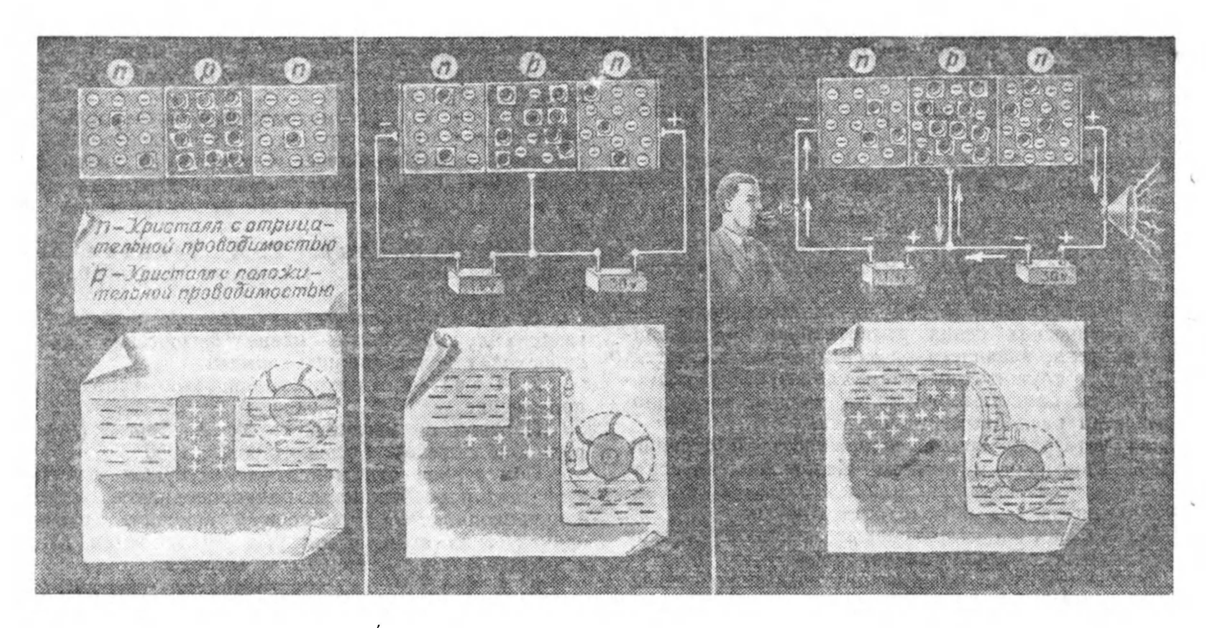
К триоду приключаются источники питания таким образом, что один э—д-переход включен в пропускном, а другой — в запирающем направлении; э-д-переход, включаемый в пропускном направлении, называют эмитерным, а включенный в запирающем направлении — коллекторным. Среднюю часть триода называют базой (основанием). До включения батарей распределение потенциалов в триоде и потенциальные барьеры на переходах определяются только контактными разностями потенциалов. После включения батарей потенциальный барьер у одного из э-д-переходов уменьшается, а у другого, включенного в запирающем направлении, увеличивается.

Электронный э-д-переход делают таким, чтобы ток переносился в подавляющей части заряженными частицами, поступающими из эмитера в базу. Для n-p-n-триода эту роль выполняют электроны. Базу оставляют при изготовлении триода очень тонкой, в некоторых высокочастотных триодах ее толщина составляет несколько микрон, в низкочастотных — несколько десятков микрон.

Заряды, поступающие из эмитера в базу, продолжают свое движение в ней главным образом благодаря диффузии, так как падение напряжения в базе между эмитером и коллектором очень мало.

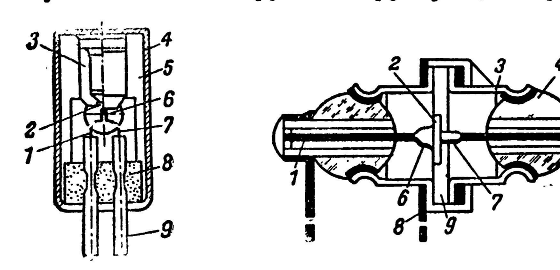
Достигая коллекторного э-д-перехода, заряды втягиваются в него благодаря разности потенциалов, приложенной к нему, или, иными словами, скатываются вниз с потенциального барьера. В цепь эмитера и включена батарейка напряжением 1,5—2,0 *в*, в цепь коллектора — батарейка 20—25 *в*.

Если теперь изменить разность потенциалов у эмитера на небольшую величину *е*, то



Полупроводниковый усилитель. *а)* Вместо одного перехода прибор имеет два. Без внешнего напряжения движения носителей зарядов через переходы не возникает. Это аналогично водоему, перегороженному плотиной без разности высот уровня воды. Колесо водяного двигателя естественно вращаться не может. *б)* К прибору приложено электрическое напряжение, как показано на рисунке. Возникает движение носителей зарядов через каждый переход в зависимости от напряжения присоединенных к ним батарей. Это сходно с плотиной, которая, перегородив реку, создала большую разность напора воды. Через плотину протекает небольшое количество воды. Колесо вращается медленно. *в)* Напряжение, приложенное к первому переходу, под внешним воздействием изменяется (микрофон, сигнал и т. д.). Проводимость среднего кристалла меняется, вследствие чего к правому переходу проникает большее или меньшее количество электронов из области левого перехода. Это усиливает ток, протекающий через правый переход, и похоже на то, как если бы мы стали изменять высоту гребня плотины, меняя тем самым количество воды, падающей на колесо. Оно будет вращаться с большой силой с переменной скоростью.

это вызовет изменение эмитерного тока на некоторую величину I. Для того чтобы вызвать это изменение, необходимо затратить мощность $W = eI$. Ввиду того, что почти все заряды, поступающие из эмитера в базу, попадают в коллектор, можно считать, что коллекторный ток практически также изменится на величину I. Пусть цепь коллекторной батареи, имеющей значительно большее напряжение, чем напряжение на эмитерном переходе, замкнута на некоторую нагрузку R, например



Слева — разрез точечного триода.

1—эмитер; 2—германий; 3—держатель; 4—кожух; 5—корпус; 6—заполнитель; 7—коллектор; 8—втулка; 9—вывод

Справа — разрез плоскостного триода.

1—вывод; 2—кристалл германия; 3—корпус; 4—изолятор стеклянный; 5—вывод; 6—коллектор (индий); 7—эмитер (индий); 8—вывод; 9—кристаллодержатель.

громкоговоритель. При изменении тока в цепи коллектора на величину I в нагрузке R будет выделена энергия $W = I^2R$, т. е. значительно больше, чем была приложена энергия на входе прибора, и усиление по мощности будет равно:

$$\frac{W}{W} = \frac{I^2R}{eI} = \frac{IR}{e}.$$

Это усиление по мощности у некоторых типов германиевых триодов достигает нескольких тысяч. Таких же величин достигает усиление по напряжению. Применяя несколько другую схему включения триода, можно получить усиление по току в десятки раз.

Применение полупроводниковых триодов наряду с другими малогабаритными деталями позволяет изготовлять карманные приемники, питание которых производится от маленькой 20-вольтовой батарейки. Ввиду отсутствия расхода энергии на накал катодов такая батарея довольно долго обеспечивает работу приемника.

Использование полупроводниковых диодов и триодов открывает новые широкие возможности во многих областях техники и науки.

10 Зак. 1374

Было бы очень полезно, чтобы и наши радиолюбители изучили особенности этих приборов и начали бы их широко применять на практике.

ЛИТЕРАТУРА

Книги

И. П. Жеребцов, Радиотехника, издание третье, Связьиздат, 1954.

Книга представляет собой научно-популярное изложение физических основ радиотехники, рассчитанное на читателя, знающего элементарную электротехнику, и может служить пособием для изучения радиотехники путем самообразования, а также в радиокружках и на различных радиокурсах

Глава четвертая книги, содержащая 60 страниц, посвящена электронным лампам. Изложение материала рассчитано на читателя, имеющего общеобразовательную подготовку в объеме семи классов.

Е. А. Левитин, Электронные лампы (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1954.

Рассчитанная на начинающих радиолюбителей, имеющих общеобразовательную подготовку в объеме семи классов, книга знакомит читателя с наиболее распространенными электронными лампами. Основное внимание в ней уделено описанию физических процессов, на которых основана работа электронных ламп.

Л. В. Троицкий, Сборник ответов на вопросы радиолюбителей (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1954.

В книге помещены ответы на вопросы, часто встречающиеся в радиолюбительской практике. Ответы составлены на основании статей и практических предложений, публиковавшихся в радиолюбительских журналах. Четвертая глава книги посвящена электронным лампам.

Г. А. Зисман, Работающие электроны, Воениздат, 1956.

Книга знакомит читателя с физическими явлениями, происходящими в электрических машинах и электрических приборах.

В главе VII рассматриваются электронные лампы, в главе VIII — тиратроны, фотоэлектронные усилители и электронно-лучевые трубки. IX глава посвящена применению электронно-лучевой трубки и электронной лампы для измерения неэлектрических величин.

Л. В Кубаркин, Е. А. Левитин, Занимательная радиотехника. (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1956.

В книге имеется ряд технических очерков, помогающих лучше понять, какие физические процессы происходят в электронных лампах.

Л. Гаргер, Полупроводниковые триоды и их применение.

Перевод с английского М. А. Берг (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1956

Популярное изложение элементарных понятий о свойствах и особенностях полупроводников, устройстве полупроводниковых приборов и описание различных практических схем, в которых применяются полупроводниковые диоды, триоды и тетроды.

Я. А. Федотов, Вместо радиолампы, изд.-во Советское радио, 1957.

Брошюра знакомит читателя с тем, что такое полупроводники, какое значение они имеют в современной технике и каковы перспективы их применения.

Статьи

Е. Овчаренко, Р. Сворень, Электронно-лучевые трубки, «Радио», 1956, № 9. ш

Ф. Честнов, Маленький помощник в больших делах, «Юный техник», 1956, № 2.

Б. М. Вул, Кристаллы с огромным будущим, «Техника молодежи», 1956. № 5.



ГЛАВА ВОСЬМАЯ

ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ

ГАЛЬВАНИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ[1]

Гальванические элементы вырабатывают электрическую энергию за счет происходящих в них химических реакций. Каждый гальванический элемент состоит из двух проводников — *электродов,* погруженных в *электролит,* вступающий в химическую реакцию с одним из электродов. При потреблении от элемента тока этот электрод (обычно цинковый) растворяется в электролите.

По характеру электролита элементы разделяются на три группы: с жидким электролитом, с загущенным желеобразным электролитом (так называемые «сухие» элементы) и водоналивные. Первых два типа выпускаются готовыми к немедленному действию, элементы третьего типа должны быть перед употреблением залиты водой, так как они содержат электролит в сухом виде. Большинство выпускаемых элементов принадлежит к категории сухих (рис. 1).

При работе элемента в его электролите выделяются газы, которые покрывают положительный электрод непроводящим слоем, препятствующим работе элемента. Это явление называется *поляризацией.* Для устранения явления поляризации во многие элементы вводятся деполяризаторы — вещества, поглощающие выделяющиеся газы, например двуокись марганца, окись меди и др. В элементах с воздушной деполяризацией (ВД) деполяризатором является кислород воздуха, для притока которого в элементе имеются специальные «дыхательные» отверстия.

Работа гальванического элемента теоретически прекращается по израсходовании всего электрода, растворяющегося в электролите. Но практически элементы перестают работать несколько раньше, обычно из-за высыхания или истощения электролита и деполяризатора.

Гальванические элементы характеризуются электродвижущей силой и электрической емкостью.

[1] По разным источникам.

Электродвижущая сила (э. д. с.) *элемента* есть разность потенциалов, измеренная между его электродами при разомкнутой внешней цепи. Использовать полностью э. д. с. элемента нельзя, так как каждый элемент обладает относительно большим *внутренним сопротивлением.* При работе элемента, т. е. когда он дает ток I, его э. д. с. распределяется между внешним нагрузочным сопротивлением R и внутренним r пропорционально их величинам:

$$E = I \cdot r + I \cdot R.$$

Величина $I \cdot r$ представляет падение напряжения внутри элемента, а величина $I \cdot R$ — падение напряжения на сопротивлении нагрузки. Величина $I \cdot R$ называется *рабочим напряжением элемента* или просто *напряжением элемента.* Из сказанного следует, что напряжение элемента меньше его э. д. с. и не является величиной постоянной. Оно зависит от величины потребляемого от элемента тока: чем больше потребляемый от элемента ток, тем больше падение напряжения внутри элемента и тем меньше его рабочее напряжение.

Внутреннее сопротивление также не остается постоянным; оно возрастает с увеличением потребляемого от элемента тока и увеличивает-

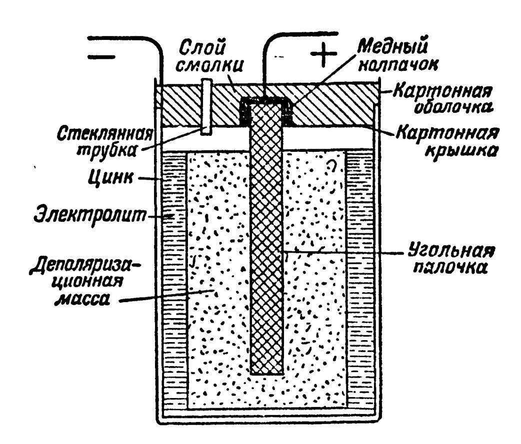


Рис. 1. Разрез сухого элемента.

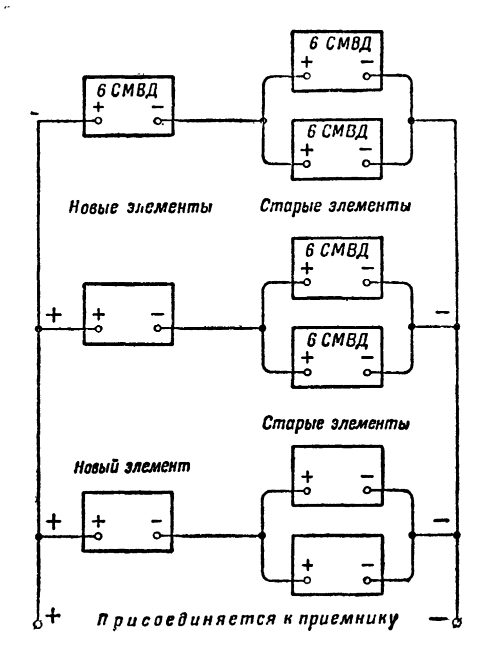


Рис. 2. Схема включения элементов, позволяющая более полно использовать их емкость.

ся по мере работы элемента. Внутреннее сопротивление элементов различных типов неодинаково. У элементов же каждого данного типа оно зависит от величины элемента: чем больше размеры элемента, тем меньше его внутреннее сопротивление и тем больший ток можно от него получить. Величина э. д. с. от размеров элемента не зависит; она присуща элементу данного типа и в зависимости от химического состава входящих в элемент веществ может лишь незначительно отклоняться от своей нормальной величины.

Электрической емкостью или просто *емкостью гальванического элемента* называется то количество электричества, которое он способен отдать во внешнюю цепь в течение всего времени разряда. Емкость Q измеряется в ампер-часах ($a \cdot ч$) и определяется путем перемножения величины тока I в амперах, даваемого элементом, на время t в часах, в течение которого элемент разряжался, т. е.

$$Q = I \cdot t.$$

Емкость элемента зависит от его размеров, материала электродов, количества и химического состава электролита и деполяризатора. Чем больше размеры элемента, тем больше его емкость. Теоретически емкость элемента определяется количеством вещества растворяющегося электрода.

Практически полная теоретическая емкость элемента не используется, так как обычно элемент становится неработоспособным, когда израсходуется примерно лишь половина его растворимого электрода. Саморазряд и другие побочные явления дополнительно снижают емкость элемента. Кроме того, величина емкости элемента зависит от величины разрядного тока. При слабом разрядном токе элементы отдают большую емкость, чем при разряде сильным током.

В заводском паспорте каждого элемента указывается величина сопротивления нагрузки, рекомендуемая для данного элемента. Элемент должен иметь свою этикетную емкость при разряде на такую нагрузку до напряжения 0,7 *в*.

В условиях питания ламп батарейных приемников элемент можно разрядить лишь до напряжения 0,9 *в*, вследствие чего используется лишь около половины емкости элемента. Для увеличения использования емкости элементов при питании ламп с двухвольтовым накалом разряженные элементы целесообразно соединить по два параллельно и последовательно с ними включать один свежий элемент. При большом разрядном токе две или три такие ветви соединяют параллельно, как показано на рис. 2. Подобным комбинированием элементов можно значительно повысить коэффициент их использования.

Следует заметить также, что отдаваемая элементом емкость несколько увеличивается, если разряд происходит при комнатной температуре, и уменьшается при разряде в условиях низкой температуры, например на морозе.

ЧТО ТАКОЕ АМПЕР-ЧАС [1]

Ампер-час (сокращенное обозначение $a \cdot ч$) является единицей измерения электрической емкости гальванического элемента или аккумулятора.

Что же представляет собой эта единица измерения и почему она так называется?

Ампер (сокращенное обозначение a), как известно, является единицей измерения силы электрического тока. Под электрическим током подразумевается движение электричества (упорядоченное движение электронов) по проводнику. Чем большее количество электричества протекает через поперечное сечение проводника в секунду, тем больше ток в проводнике. Для измерения количества электричества имеется специальная единица — кулон (сокращенное обозначение $к$). Один кулон содержит вполне определенное количество электричества. Если через поперечное сечение проводника протекает в одну секунду один кулон электричества,

[1] По разным источникам.

то величина тока в этом проводнике равна одному амперу. Следовательно, по величине тока можно легко определить, какое количество электричества протекло по проводнику в течение любого времени.

Если при токе в 1 *а* в каждую секунду протекает через проводник 1 *к* электричества, то в течение 1 *мин* при том же токе будет протекать 60 *к* (1 *к* $\times$ 60 *сек*), а в течение часа — 3 600 *к*. Таким образом, мы можем сказать, что 1 ампер-час равен 60 ампер-минутам, или 3 600 ампер-секундам, или 3 600 кулонам.

Как видим, электрическую емкость можно было бы выражать и в кулонах, но кулон является очень небольшой единицей и поэтому ею неудобно пользоваться на практике: пришлось бы иметь дело с очень большими числовыми выражениями.

Поэтому для практических измерений электрической емкости принята более крупная единица — ампер-час. В этих единицах всегда выражается емкость гальванических элементов и аккумуляторов.

Удобство пользования ампер-часом в качестве единицы измерения электрической емкости заключается еще и в том, что простым перемножением величины разрядного тока (выраженной в амперах) на время разряда (выраженное в часах) сразу определяется количество отданного элементом электричества. Допустим, что элемент разряжался в течение 100 час. током в 0,1 *а*. Следовательно, за это время элемент отдал количество электричества, соответствующее емкости 0,1 $\times$ 100 = 10 *а·ч*. Так мы всегда можем подсчитать, какую емкость отдал элемент, питавший лампы радиоприемника в продолжение всего времени своей работы.

У радиолюбителей может возникнуть вопрос: а каким образом определяют емкость элементов при их изготовлении на заводе, т. е. до их разряда?

Чтобы ответить на этот вопрос, вспомним, что причиной возникновения электрической энергии в элементе является растворение цинка во время электрохимической реакции, происходящей внутри элемента.

Знаменитым ученым Фарадеем был установлен закон, который гласит, что определенному количеству растворенного во время электрохимической реакции вещества соответствует строго определенное количество образовавшегося электричества и что это количество электричества зависит от природы растворенного вещества.

То количество вещества, какое необходимо растворить во время электрохимической реакции для получения одного кулона электричества, называется *электрохимическим эквивалентом* данного вещества.

Для разных веществ величина электрохимического эквивалента будет различная, но строго определенная. Например, электрохимический эквивалент цинка равен 0,341, меди 0,329, серебра 1,118 *мг* (миллиграмма) и т. д.

Таким образом, чтобы получить 1 *к* электричества, необходимо растворить во время электрохимической реакции 0,341 *мг* цинка. Отсюда ясно, что для получения электричества в количестве 1 *а·ч*, равного 3 600 *к*, теоретически нужно растворить цинка

$$0{,}341 \cdot 3\,600 = 1\,228 \text{ мг} = 1{,}228 \text{ г}.$$

На практике расход цинка на один ампер-час получается в несколько раз больший. Объясняется это, во-первых, невозможностью полностью использовать весь цинк в элементе, поскольку по мере растворения отрицательного электрода начинает возрастать внутреннее сопротивление элемента. Поэтому, когда растворится примерно половина или несколько больше половины цинка, элемент становится уже неработоспособным и считается окончательно разряженным. Во-вторых, не весь цинк, из которого состоит электрод, принимает участие в электрохимической реакции.

Повышенный расход цинка объясняется еще и тем, что он всегда содержит некоторое количество вредных примесей, как, например, железо или свинец. Такие примеси вместе с цинком образуют в самом электроде маленькие элементики, внутри которых все время будет протекать ток. Следовательно, в этих местах отрицательного электрода все время будет происходить растворение цинка независимо от того, замкнут или разомкнут сам элемент. Поэтому примеси являются одной из основных причин повышенного расхода цинка и электролита, увеличивают саморазряд гальванического элемента и вызывают резкое снижение его емкости и срока хранения.

Учитывая все эти факторы, завод может заранее определить, сколько нужно взять цинка, а также электролита и деполяризатора, чтобы собрать элемент определенной емкости.

Нужно иметь в виду, что емкость элементов не является величиной строго постоянной. Наоборот, она может значительно меняться в ту и другую сторону в зависимости от величины и разрядного тока, конечного разрядного напряжения, а также от способа разряда — непрерывного или прерывистого.

В заводском паспорте каждого элемента указывается величина сопротивления нагрузки, через которое рекомендуется разряжать данный элемент. Разделив напряжение элемента

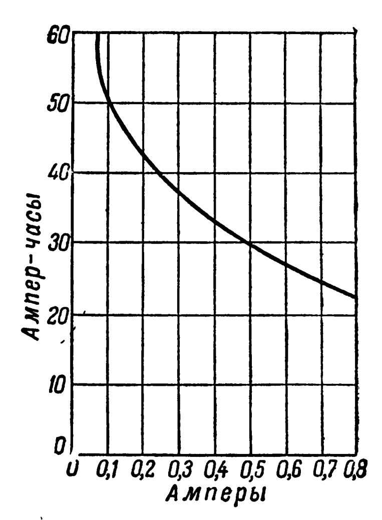


Рис. 1. Зависимость изменения емкости сухого элемента от величины разрядного тока.

на это сопротивление, мы определим допустимую величину разрядного тока данного элемента. Однако при этом нужно учитывать еще и внутреннее сопротивление элемента. Если разряжать совершенно свежий элемент таким током вплоть до напряжения 0,7 *в*, то, по заводским данным, элемент отдаст полную свою емкость.

От элемента можно, конечно, потреблять ток и значительно больший, чем нормальный, в особенности при прерывистом разряде, но в этом случае элемент имеет меньшую емкость. Наоборот, если разряжать элемент током меньше предельного, притом с частыми и продолжительными перерывами, то он будет иметь емкость, несколько большую гарантируемой заводом.

На рис. 1 приведена кривая, показывающая изменение величины емкости в зависимости от разрядного тока у обычного сухого элемента при разряде его до одного и того же конечного напряжения. Как видно, с увеличением разрядного тока емкость значительно уменьшается. Так, например, если при разрядном токе в 0,1 *а* емкость элемента составляет 50 *а·ч*, то при увеличении разрядного тока в два раза емкость уменьшается почти до 40 *а·ч*, а при токе в 0,5 *а* она снижается до 30 *а·ч*, что составляет лишь половину паспортной емкости элемента.

Такую картину мы наблюдаем при разряде элемента до конечного напряжения 0,7 *в*.

К сожалению, применяя гальванические элементы для питания радиоприемника, вообще невозможно использовать их полную емкость, потому что в этих условиях эксплуатации можно разрядить элементы только до 0,9 *в*; при падении рабочего напряжения у каждого элемента ниже 0,9 *в* батарею уже приходится заменять новой. Между тем если элементы будут разряжаться током предельной силы, то рабочее напряжение у них может сравнительно быстро упасть ниже 0,9 *в* и поэтому их придется заменить новыми, не использовав и половины их емкости.

Наглядной иллюстрацией сказанного может служить рис. 2, на котором приведена кривая изменения рабочего напряжения при непрерывном разряде сухого элемента с марганцево-воздушной деполяризацией. Элемент разряжался током, указанным в заводском паспорте, до конечного напряжения 0,7 *в*.

Как видно из этой кривой, уже на десятые сутки рабочее напряжение у элемента стало меньше 0,9 *в*, а примерно на 17-е сутки оно снизилось до 0,8 *в* и дальше кривая напряжения идет почти на этом же уровне, медленно снижаясь до 0,7 *в*.

Таким образом, при беспрерывном разряде элемента током, указанным в его заводском паспорте, уже после использования одной трети емкости рабочее напряжение у элемента падает ниже 0,9 *в*. Поэтому остальную емкость мы не можем использовать для питания радиоприемника. Правда, при прерывистом разряде (а именно в таком режиме всегда и работают элементы, питающие радиоприемник) рабочее напряжение у элемента будет значительно дольше удерживаться на уровне 0,9 *в* и, следовательно, величина емкости может быть заметно больше. Однако, если элемент будет работать с большой перегрузкой, то и при этих условиях рабочее его напряжение может сравнительно быстро упасть ниже критической величины, т. е. ниже 0,9 *в*. Вот почему, используя гальванические элементы для питания радиоприемников, невыгодно разряжать их предельным током. При составлении батареи накала лучше взять на одну группу элементов больше, чем заставлять батарею работать с перегрузкой.

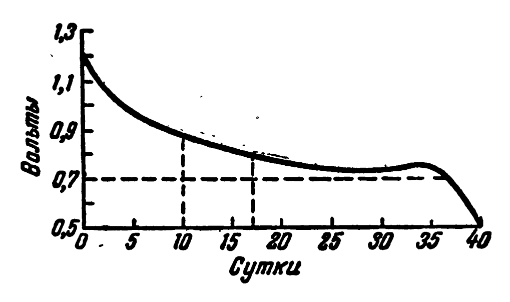


Рис. 2. Кривая изменения напряжения при беспрерывном разряде сухого элемента с марганцево-воздушной деполяризацией.

Например, для приемника «Родина» можно составить батарею накала из двух параллельных групп элементов 6С МВД или блоков БНС-100. Обе эти батареи, конечно, будут питать лампы приемника, но такая нагрузка для них будет чрезмерной, в особенности для блоков БНС-100, емкость которых значительно меньше емкости элементов 6С МВД.

Поэтому выгоднее и в первом и во втором случаях батарею составлять из трех-четырех параллельных групп элементов, не взирая на то, что по заводским данным от этих элементов можно потреблять ток до 250 *ма*.

Все сказанное здесь относительно емкости гальванических элементов в одинаковой мере относится и к анодным батареям. Убедительнее всего это подтверждает рис. 3, на котором приведены четыре кривые, характеризующие изменение величины емкости одной и той же батареи БАС-80 при разряде ее различными токами и до разных конечных напряжений.

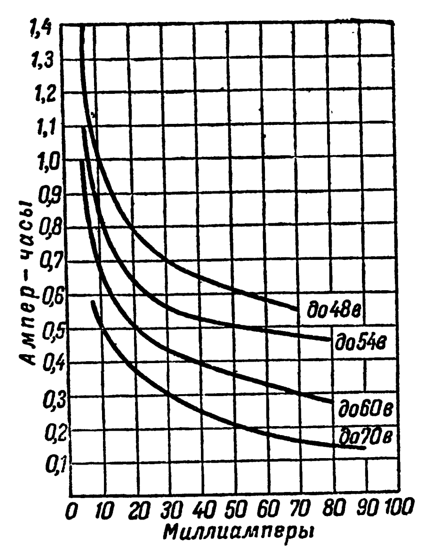


Рис. 3. Зависимость отданной емкости от конечного разрядного напряжения.

Для большей наглядности сравним показания крайних характеристик (кривые верхняя и нижняя). Первая снята для случая наиболее глубокого разряда батареи (до напряжения 48 *в*), а вторая — для случая минимального разряда (до напряжения 70 *в*).

Из сопоставления их видим, что при одной и той же величине тока, допустим 10 *ма*, в первом случае батарея имеет емкость 1 *а·ч*, а во втором — только 0,5 *а·ч*. Этот пример показывает, насколько важно для получения большей емкости, а следовательно, и для продления срока службы батареи добиться возможности разряда ее до более низкого конечного напряжения и при нормальной величине тока.

При использовании гальванических батарей для питания радиоприемников редко соблюдается первое требование. Обычно радиолюбители для питания анодов ламп приемника применяют одну батарею напряжением 80 *в*. При таком напряжении приемник вначале работает удовлетворительно. Однако при понижении напряжения батареи до 70—65 *в* громкость и качество приема падают. Радиолюбитель считает, что анодная батарея уже полностью разрядилась, и поэтому заменяет ее новой, не использовав доброй половины ее емкости. Между тем нужно лишь присоединить последовательно к такой полуразряженной батарее дополнительную батарею с напряжением 20 или 40 *в*, и тогда первая батарея может еще работать до наступления полного разряда, т. е. до напряжения 48—42 *в*. Только после этого разрядившуюся батарею выключают. При этом дополнительная батарея может быть еще использована.

Не следует также к приемнику, нормально требующему, допустим, анодного напряжения 120 *в*, присоединять полностью две 80-вольтовые батареи, соединенные последовательно и дающие напряжение 160 *в*. При таком повышенном напряжении, во-первых, нарушается рабочий режим ламп, а, во-вторых, сильнее разряжаются батареи. В таких случаях выгоднее поступать так: вначале включить в приемник только полторы батареи, а затем, после понижения ее напряжения, подсоединить к ней и резервную половину второй батареи. Когда у такой батареи напряжение понизится до 85—80 *в*, то обе батареи окажутся разряженными полностью и их придется заменить новыми.

Применяя такое комбинированное соединение батарей, можно добиться максимального использования их емкостей. У большинства батарей типа БАС имеются промежуточные выводы (от середины или одной трети батареи), что позволяет легко осуществлять различные варианты соединения между собой двух или нескольких батарей для получения разной величины напряжения.

Итак, мы видим, что недостаточно знать величину емкости элемента или батареи, но нужно еще уметь возможно полнее использовать эту емкость для питания радиоприемника.

АККУМУЛЯТОРЫ [1]

Аккумуляторы, иначе называемые вторичными элементами, сами не вырабатывают электрическую энергию, но обладают способностью

[1] По разным источникам.

запасать ее (аккумулировать) при пропускании через аккумулятор тока от постороннего источника. Этот процесс носит название *заряда*. Аккумулятор может сохранять заряд довольно продолжительное время, но длительное хранение заряженных аккумуляторов вредно для них. Как правило, аккумуляторы должны заряжаться или подзаряжаться каждый месяц независимо от того, разряжались они или нет. При хорошем уходе аккумуляторы (в зависимости от их конструкции) выдерживают примерно от 200 до 500 циклов заряд—разряд и более.

Запасание электрической энергии в аккумуляторах происходит за счет химических процессов в веществе электродов. При заряде электрическая энергия преобразуется в химическую, при разряде — химическая энергия вновь превращается в электрическую.

Аккумуляторы характеризуются в основном теми же параметрами, что и гальванические элементы: напряжением в вольтах и емкостью в ампер-часах.

В настоящее время распространены аккумуляторы двух типов: кислотные (свинцовые) и щелочные (железо-никелевые и кадмиево-никелевые).

КИСЛОТНЫЕ АККУМУЛЯТОРЫ. В кислотном аккумуляторе электродами служат решетчатые свинцовые пластины, в отверстия которых впрессовывается тестообразная активная масса, состоящая из смеси свинцового сурика и глета (желтая окись свинца), замешанных на растворе серной кислоты (рис. 1).

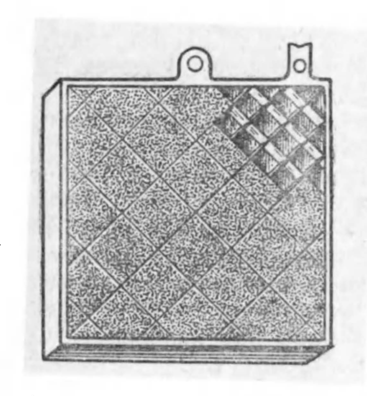


Рис. 1 Пластина кислотного аккумулятора.

При таких пластинах аккумулятор обладает значительно большей емкостью, чем такой же аккумулятор с пластинами без активной массы. Поэтому пластины заводских аккумуляторов обычно не делаются из сплошного свинца, т. е. без активной массы.

Отдельный элемент кислотного аккумулятора независимо от его размеров и емкости обладает рабочим напряжением 2 *в*. В конце зарядки один элемент свинцового аккумулятора дает напряжение обычно около 2,5—2,7 *в*, но после включения на разряд его напряжение быстро понижается до 2 *в* и на этом уровне оно будет оставаться в течение почти всего времени разряда, медленно понижаясь по мере наступления полного разряда аккумулятора. Аккумулятор считается разряженным, когда напряжение каждого элемента понизится до 1,8 *в*. Дальше разряжать аккумулятор нельзя, так как это вызовет порчу пластин и значительное уменьшение его емкости.

Электрическая емкость аккумулятора зависит от величины поверхности положительных пластин и толщины слоя активной массы в пластинах. Поэтому, когда хотят повысить емкость аккумулятора, не увеличивая чрезмерно его размеров, в каждый элемент помещают по нескольку отрицательных и положительных пластин, причем отрицательных пластин всегда бывает на одну больше. Это делается с той целью, чтобы можно было использовать всю поверхность (обе стороны) положительных пластин, которые устанавливаются в промежутках между отрицательными пластинами элемента.

Кислотные аккумуляторы нельзя заряжать и разряжать током любой силы. Максимальный разрядный и зарядный токи (в амперах) для свинцовых аккумуляторов обычного типа не должны превышать 10% их емкости в ампер-часах, если, например, емкость аккумулятора равна 20 *а·ч*, то зарядный и разрядный токи не должны превышать 2 *а*. Обычно не доводят зарядный и разрядный токи до этих пределов, так как чем больше зарядный ток, тем хуже аккумулятор зарядится и тем меньшую емкость он будет иметь при разряде. Кроме того, при очень сильных зарядных и разрядных токах быстро начинает трескаться и выпадать из решеток пластин активная масса, в результате чего быстрее изнашиваются и сами пластины (в особенности положительные) и аккумулятор становится негодным.

Внутреннее сопротивление у кислотного аккумулятора очень мало. Поэтому ни в коем случае нельзя даже на мгновение замыкать его накоротко, так как сразу же через аккумулятор пройдет настолько сильный ток, что пластины его могут испортиться.

Отдельные аккумуляторные элементы точно так же, как и гальванические элементы, можно соединять между собой последовательно и параллельно и получать таким путем батареи любой емкости и напряжения. Так, например, батарея накала напряжением 4 *в* состоит из двух последовательно соединенных

аккумуляторных элементов, а батарея анода 80 *в* — из 40 элементов.

В конце заряда указанная батарея накала должна давать напряжение не менее 5 *в* (2,5×2), а анодная 80-вольтовая — 100 *в* (2,5×40). После разряда напряжение первой должно быть не ниже 3,6 *в* (1,8×2), а у второй — не ниже 72 *в* (1,8×40). Эти цифры нужно твердо запомнить каждому, пользующемуся свинцовыми аккумуляторами.

Сосудами для кислотных аккумуляторов обычно служат стеклянные или пластмассовые банки. В качестве электролита применяется раствор химически чистой серной кислоты в дистиллированной воде.

ЩЕЛОЧНЫЕ АККУМУЛЯТОРЫ. Эти аккумуляторы обладают рядом преимуществ по сравнению с кислотными аккумуляторами. Они не боятся кратковременного короткого замыкания, их можно заряжать и разряжать большим током, а также можно без вреда для дальнейшей работы оставлять продолжительное время в разряженном виде. Щелочные аккумуляторы обладают высокой механической прочностью, не боятся тряски и толчков (рис. 2).

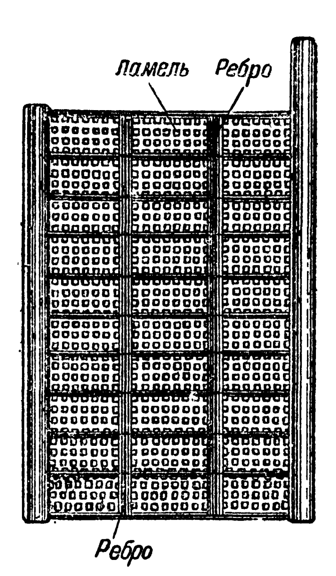


Рис. 2. Пластина щелочного аккумулятора.

Выпускаемые нашими заводами щелочные аккумуляторы называются кадмиево-никелевыми, потому что в состав активной массы их пластин входят кадмий и никель. Сосуды и сами пластины этих аккумуляторов изготовляются из никелированной листовой стали.

Пластины щелочного аккумулятора собираются из отдельных стальных пакетов (ламелей), наполненных активной массой. Ламели делаются из тонкой ленточной мягкой стали, снабженной мелкими сквозными отверстиями. Через эти отверстия электролит свободно сообщается с активной массой. Ламели каждой пластины своими концами прочно связываются между собой при помощи стальных ребер (рис. 2). Благодаря такому устройству пластина обладает высокой механической прочностью. Ламели положительных пластин немного толще ламелей отрицательных пластин и снаружи никелированы. Поэтому положительную пластину можно легко определить по блеску.

В зависимости от величины емкости в аккумуляторе может быть различное число положительных и отрицательных пластин. Последние располагаются в промежутках между положительными пластинами. Положительных пластин в этих аккумуляторах всегда бывает на одну меньше, чем отрицательных.

У кадмиево-никелевых аккумуляторов положительные пластины не изолируются от корпуса сосуда, а, наоборот, соединены с ним. При таком устройстве отрицательные пластины у этих аккумуляторов должны быть тщательно изолированы от сосуда элемента и от положительных пластин, в противном случае аккумулятор замкнется накоротко. Поэтому между каждой положительной и каждой отрицательной пластинами элемента прокладываются эбонитовые трубки, а ребра отрицательных пластин изолируются от стенок сосуда тонкими эбонитовыми прокладками.

Активная масса у положительной пластины кадмиево-никелевого аккумулятора состоит из гидрата закиси никеля, к которому добавляется некоторое количество порошкообразного графита. Последний служит только для уменьшения сопротивления и не принимает никакого участия в химических процессах, происходящих внутри аккумулятора во время его заряда и разряда.

Активная масса отрицательной пластины состоит из гидрата закиси кадмия и гидрата закиси железа. Железо (как графит в активной массе положительной пластины) является здесь лишь добавкой активной массы отрицательной пластины, но оно не принимает участия в химических процессах, происходящих в аккумуляторе.

В качестве электролита в щелочных аккумуляторах применяется раствор едкого кали или едкого натра.

Электролит, хотя и принимает активное участие в химических процессах, происходящих во время заряда и разряда щелочного аккумулятора, но не изменяется ни по своему составу, ни по плотности и не расходуется.

Плотность электролита для щелочных аккумуляторов, работающих в условиях жилых по-

мещений, должна быть 22—24° по шкале Боме (удельный вес 1,18—1,2). На литр дистиллированной воды нужно взять 250—270 *г* едкого кали в кристаллах.

Нормальный зарядный ток для щелочных аккумуляторов должен быть равен $1/4$—$1/6$ емкости аккумулятора. Следовательно, если емкость аккумулятора равна 60 *а·ч*, то нормальный зарядный ток будет 10—15 *а*.

Но это не значит, что щелочные аккумуляторы нельзя заряжать и разряжать меньшими или большими токами. При больших токах нужно следить, чтобы температура электролита не превысила +40° C, в противном случае емкость аккумулятора уменьшится на 50% и ее невозможно будет восстановить.

В конце заряда щелочный аккумуляторный элемент должен давать э. д. с. 1,75—1,8 *в*. После прекращения заряда э. д. с. элемента достаточно быстро начинает понижаться до 1,42 *в*. Дальше она снижается сравнительно медленно. Так, например, через 10—12 дней она достигает примерно 1,3 *в*. Рабочее напряжение (т. е. напряжение под нагрузкой) у заряженного кадмиево-никелевого аккумулятора равно примерно 1,25 *в*; у разряженного аккумулятора оно понижается до 1 *в*. Нужно твердо запомнить, что э. д. с. у разряженного элемента равна 1,27 *в*, поэтому напряжение нужно измерять всегда под нагрузкой, иначе можно впасть в ошибку. Если при включении нормальной нагрузки напряжение с 1,27 *в* начнет быстро падать до 1 *в*, то это значит, что аккумулятор разряжен. Щелочные аккумуляторы можно разряжать и до более низкого напряжения, но систематические разряды ниже 1 *в* приводят к снижению их емкости и сокращению срока службы.

ПРОСТЕЙШИЙ РАСЧЕТ СИЛОВОГО ТРАНСФОРМАТОРА [1]

В любительской практике редко приходится выполнять полный расчет силового трансформатора. Гораздо проще пользоваться уже готовыми стандартными силовыми трансформаторами, выпускающимися нашей промышленностью. Поэтому здесь приводятся лишь некоторые практические указания, руководствуясь которыми радиолюбитель может выбрать подходящий трансформатор, отремонтировать поврежденный или приспособить готовый трансформатор для каких-либо специальных целей. Этих указаний достаточно также и для того, чтобы сделать силовой трансформатор самостоятельно.

[1] «Элементы и детали любительских радиоприемников», Госэнергоиздат, 1950.

При выборе силового трансформатора для питания радиолюбительских установок необходимо знать, какие мощности и напряжения должны давать все вторичные обмотки (*II*, *III* и *IV* на рис. 1). Наиболее употребительными являются трансформаторы мощностью 15, 35, 50, 75 и 100 *вт*.

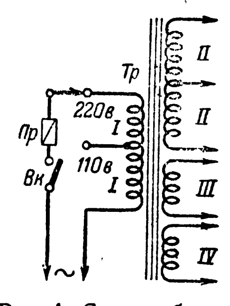


Рис. 1. Схема обмоток силового трансформатора

Изготовление трансформатора требует подсчета следующих величин: сечения сердечника, числа витков и диаметра провода обмоток.

Сечение сердечника трансформатора находится по формуле:

$$Q_{cm} = \sqrt{P_0},$$

где P_0 — мощность, потребляемая первичной обмоткой трансформатора из сети.

При применении стали пониженного качества лучше производить подсчет сечения по формуле

$$Q_{cm} = 1{,}2\sqrt{P_0}.$$

Наиболее употребительным типом сердечника для силовых трансформаторов является стандартный Ш-образный или П-образный с площадью сечения от 6 до 20 *см²*.

Мощность трансформатора P_0 определяется через сумму мощностей, расходуемых в цепях всех вторичных обмоток, и к. п. д. трансформатора. Мощности P_3 и P_4 понижающих накальных обмоток вычисляются как произведение из действующих величин напряжений и токов, необходимых для питания накала ламп. Мощность повышающей обмотки можно приближенно рассчитать, исходя из мощности выпрямленного тока при полной нагрузке, прибавив к ней мощность, расходующуюся в фильтрующем устройстве и в кенотроне, т. е.

$$P_2 = I_в \cdot U_в + I_в^2 (R_ф + R_i).$$

Здесь P_2 — мощность, потребляемая от повышающей обмотки;
$I_в$ — ток, потребляемый от выпрямителя;
$U_в$ — выпрямленное напряжение;
$R_ф$ — сопротивление фильтра;
R_i — внутреннее сопротивление кенотрона.

Тогда общая мощность P_1 всех вторичных обмоток будет равна $P_1 = P_2 + P_3 + P_4$.

При определении мощности, потребляемой трансформатором из сети, необходимо учесть

к. п. д., который для таких трансформаторов можно принять равным 75—80%. Поэтому полная мощность P_0, потребляемая трансформатором из сети, будет равна

$$P_0 = 1{,}25P_1 = 1{,}25(P_2+P_3+P_4).$$

Для упрощенных расчетов числа витков часто пользуются величиной N — числом витков на 1 *в*. Число витков на 1 *в* определяется из следующих формул:

$$N=\frac{45}{Q_{cm}}$$

для специальной трансформаторной стали и

$$N=\frac{60}{Q_{cm}}$$

для худшей стали. Чаще пользуются средней величиной

$$N=\frac{(50\div55)}{Q_{cm}}.$$

Определив, таким образом, величину N, нетрудно подсчитать число витков каждой из обмоток. Так, у первичной обмотки для сети в 110 *в* число витков первичной обмотки $w_1 = N \cdot 110$, а для 220 *в* $w_1 = N \cdot 220$. Для повышающей обмотки $w_2 = N \cdot U_2$, где U_2 — действующее значение напряжения вторичной обмотки.

При ремонте сгоревшего или переделке неподходящего трансформатора можно рекомендовать следующий способ определения числа витков на 1 *в*. Одна из накальных обмоток с известным напряжением разматывается и подсчитывается число ее витков. Полученное число витков делится на напряжение обмотки. Например, обмотка накала ламп напряжением 6,3 *в* состояла из 26 витков; разделив 26 на 6,3, получим 4,1 витка на 1 *в*. Перемножив величину 4,1 на напряжения, которые должны давать остальные обмотки, определим нужные числа витков для этих обмоток.

Напряжение всей повышающей обмотки силового трансформатора в большинстве случаев выбирается от 400 до 600 *в*. Напряжение понижающих обмоток определяется типом ламп: для ламп металлической серии оно равно 6,3 *в*, для старых образцов стеклянных ламп 4 *в* и для кенотронов обычно 5 *в*.

При необходимости получения большего тока, чем тот, на который рассчитана имеющаяся обмотка, необходимо заменить ее новой обмоткой из более толстого провода. Диаметр провода любой обмотки трансформатора определяется из условия допустимой плотности тока на 1 *мм*² сечения провода. Обычно для всех обмоток трансформатора плотность тока выбирается одинаковой из расчета 3 *а/мм*².

В зависимости от допустимой плотности тока диаметр провода может быть подсчитан по одной из следующих формул:

$d = 0{,}7\sqrt{I}$ (для плотности тока 2,5 *а/мм*²);

$d = 0{,}6\sqrt{I}$ (для плотности тока 3 *а/мм*²);

$d = 0{,}45\sqrt{I}$ (для плотности тока 4 *а/мм*²).

Здесь I — ток в *а* и d — диаметр провода в *мм*.

При изготовлении трансформатора радиолюбитель чаще всего пользуется готовым стандартным сердечником, поэтому здесь не приводится подробный расчет всех размеров пластин и окна. Определив сечение сердечника, подбирают такой размер пластины, чтобы в окне сердечника поместились все обмотки.

Расчет занимаемого обмотками места в окне можно произвести, пользуясь приводимой ниже таблицей.

Диаметр по меди, *мм*	Число витков, приходящихся на 1 *см*² сечения катушки				
	ПЭ	ПШО	ПШД	ПБО	ПБД
0,08	8 200	5 700	3 520	—	—
0,1	5 700	4 250	2 800	2 070	—
0,12	4 000	3 320	2 280	1 720	—
0,14	3 130	2 650	1 900	1 470	—
0,15	2 800	2 400	1 720	1 360	—
0,16	2 500	2 170	1 600	1 260	—
0,18	2 070	1 800	1 360	1 100	—
0,2	1 720	1 530	1 180	940	665
0,22	1 400	1 260	1 020	835	595
0,25	1 140	1 020	835	700	515
0,3	810	740	630	510	413
0,35	592	567	493	395	245
0,4	470	400	395	325	202
0,5	308	302	274	231	182
0,6	217	217	194	172	134
0,7	164	164	148	134	108
0,8	125	128	117	108	88
0,9	101	103	95	88,5	73,5
1,0	83	85	79	73,5	62,5
1,1	69	70	64	62,5	53,5
1,2	58,5	59,5	55	53,5	46,5
1,3	50,5	51	48	46,5	41
1,4	44,5	45	42	41	36
1,5	39	39,5	37	36	32,2

В этой таблице указано число витков различных сортов провода, приходящееся на каждый квадратный сантиметр поперечного сечения катушки. При определении занимаемого обмоткой места в окне надо обязательно учитывать и пространство (площадь), занимаемое изоляцией между обмотками. Площадь, занимаемая изоляцией, в некоторых случаях может быть довольно значительной, и если ее не учитывать, то можно допустить в расчете грубую ошибку.

ПИТАНИЕ ЛАМП В СЕТЕВЫХ ПРИЕМНИКАХ[1]

В приемниках с питанием от сети применяются лампы с подогревным катодом.

Рассмотрим, каким образом осуществляется питание подогревных ламп в сетевых приемниках.

Нити накала этих ламп питаются переменным током либо непосредственно от сети, либо через понижающий трансформатор. В первом случае нити соединяют последовательно, как показано на рис. 1. (Следует иметь в виду, что последовательно можно соединять только нити, рассчитанные на одинаковый ток накала). В эту цепь включают некоторое сопротивление для поглощения излишнего напряжения, а также предохранитель и выключатель. Иногда бывают еще включены лампочки для освещения шкалы приемника.

При питании накала низким напряжением от трансформатора нити ламп соединяются обычно параллельно (рис. 2), а предохранитель и выключатель находятся в цепи первичной (сетевой) обмотки трансформатора.

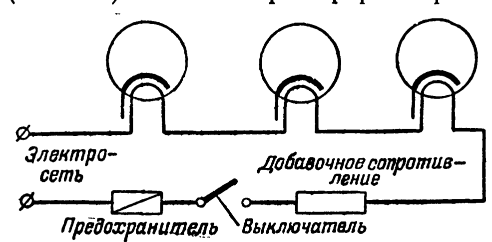


Рис. 1. Последовательное включение нитей ламп при питании без трансформатора.

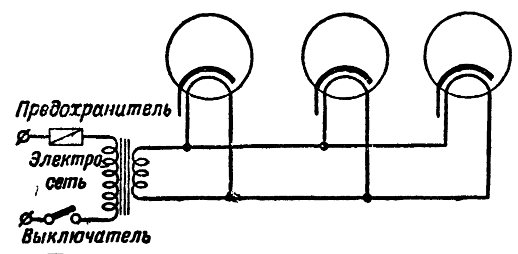


Рис. 2. Параллельное включение нитей ламп при питании через трансформатор.

Анодное питание в сетевых приемниках осуществляется с помощью выпрямителя, который выпрямляет переменный ток сети, т. е. превращает его в постоянный ток. Для такого выпрямления переменного тока применяют специальные диоды, называемые **кенотронами**. Часто также в качестве маломощных кенотронов используют триоды или пентоды, у которых сетки соединяют накоротко с анодом Тогда эти лампы работают как диоды.

Если в цепь переменного тока включить диод, то ток в этой цепи станет пульсирующим, представляющим собой толчки, или импульсы тока, следующие друг за другом с частотой 50 *гц*. Это значит, что 0,01 *сек* ток будет идти, затем 0,01 *сек* тока вообще нет, далее в течение 0,01 *сек* ток снова идет, потом 0,01 *сек* опять нет тока и т. д. Чтобы превратить этот пульсирующий ток в постоянный, идущий все время и не изменяющий своей величины, необходимо, как говорят, сгладить его пульсации с помощью так называемого *сглаживающего фильтра,* состоящего из конденсаторов большой емкости и дросселя низкой частоты. На рис. 3 показана одна из простейших схем кенотронного выпрямителя со сглаживающим фильтром. Работает она следующим образом.

Под действием переменного напряжения сети 220 *в* через кенотрон проходит пульсирующий ток. Конденсаторы фильтра, заряжаясь от импульсов этого тока, накапливают на себе электрические заряды и отдают их на питание анодных цепей приемника уже в виде почти постоянного тока. Заметим, что конденсаторы не могут разряжаться обратно в сеть через кенотрон, так как он пропускает электроны только в одном направлении — от катода к аноду, но не обратно.

Роль конденсаторов похожа на роль большого резервуара, в который вода накачивается толчками насосом, но вытекает из него уже равномерно за счет того, что в этом резервуаре накоплено много воды и ее уровень поддерживается почти постоянным.

Сглаживанию пульсаций способствует дроссель низкой частоты, который, как мы знаем, хорошо пропускает постоянный ток, но представляет большое сопротивление для переменного тока. В результате после фильтра получается постоянное напряжение примерно 200—250 *в*, причем плюс всегда будет со стороны катода кенотрона, а минус — со стороны его анода.

Конденсаторы фильтра должны иметь емкость от нескольких микрофарад и более.

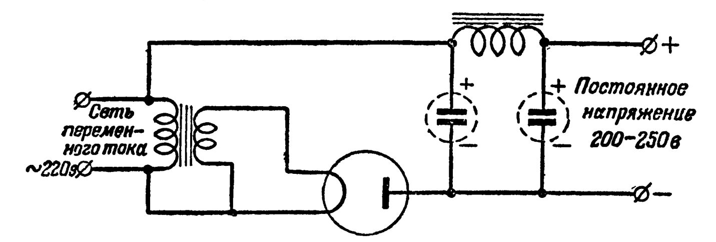


Рис. 3. Схема простейшего кенотронного выпрямителя с фильтром.

[1] И. П. Жеребцов. Книга сельского радиолюбителя. Издательство ДОСААФ. 1955.

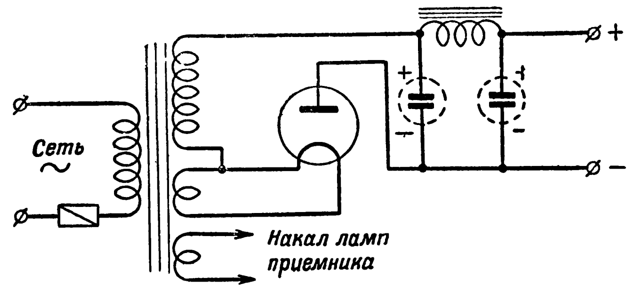


Рис. 4. Схема выпрямителя с силовым трансформатором.

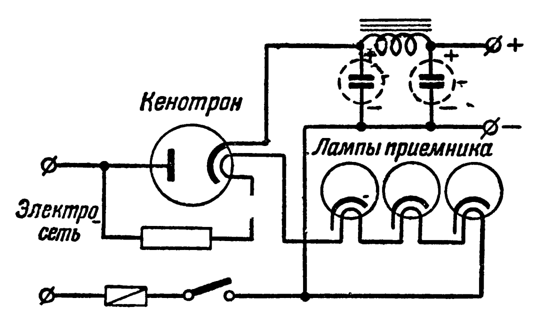


Рис. 5. Схема питания приемника без трансформатора.

Обычно их берут электролитическими, и тогда при включении необходимо соблюдать полярность. Дроссель фильтра имеет несколько тысяч витков на замкнутом стальном сердечнике. Если ток, необходимый для питания анодных цепей приемника, небольшой (не превышает 10 *ма*), то вместо дросселя можно включить сопротивление в несколько тысяч ом. Правда, на нем будет теряться несколько десятков вольт полезного постоянного напряжения, но это иногда даже бывает нужно, так как напряжение 200 *в* во многих случаях слишком велико для питания приемника.

На схеме рис. 3 показано, что накал кенотрона питается от специального понижающего трансформатора. Практически обычно делается один трансформатор, имеющий отдельные понижающие обмотки для ламп приемника и для накала кенотрона. Эти обмотки должны быть хорошо изолированы друг от друга. Обычно такой трансформатор имеет еще повышающую обмотку, от которой подается напряжение на диод для выпрямления. Это особенно необходимо в случае, если напряжение сети равно 127 *в*. Схема подобного выпрямителя показана на рис. 4.

Если напряжение сети равно 220 *в*, то иногда можно обойтись без повышающего трансформатора. В простейших сетевых приемниках, в которых нити ламп питаются без трансформатора, как было показано на рис. 3, применяется специальный подогревный кенотрон. У него нить включается последовательно с нитями ламп приемника. Подобная схема изображена на рис. 5.

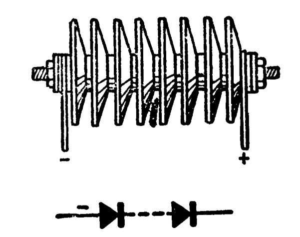


Рис. 6. Селеновый столбик из восьми элементов и его изображение на схеме.

Неудобство кенотронов заключается в том, что для них требуется питание накала. В последнее время вместо кенотронов стали с успехом применять с е л е н о в ы е выпрямители. Они работают без накала и более долговечны, чем кенотроны.

Селеновый выпрямительный элемент представляет собой пластинку (шайбу) из алюминия или стали, покрытую с одной стороны слоем особого вещества — селена, на который нанесен слой легкоплавкого металла. Через границу селена и легкоплавкого металла ток хорошо проходит только в одном направлении. Так как один селеновый элемент может выдержать сравнительно низкое напряжение, на практике применяют столбики, состоящие из нескольких выпрямительных элементов, соединенных последовательно (рис. 6).

Для простейших, так называемых однополупериодных выпрямительных схем, приведенных выше, число элементов берется из такого расчета, чтобы на каждый селеновый элемент приходилось не более 8 *в* подводимого от сети переменного напряжения. Например, при напряжении 220 *в* необходимо в селеновом столбике иметь не менее 28 элементов, а при напряжении 127 *в* — не менее 16 элементов.

На каждый квадратный сантиметр поверхности селенового элемента допускается ток не свыше 50 *ма*. Поэтому для питания приемников, работающих на маломощных лампах, вполне подходят выпускаемые у нас селеновые столбики с самым малым диаметром шайб — 18 *мм*. При однополупериодном выпрямлении такой столбик может давать ток до 40 *ма*.

На рис. 7 показана схема простейшего селенового выпрямителя на напряжение 200 *в*, имеющего в сглаживающем фильтре сопротивление вместо дросселя.

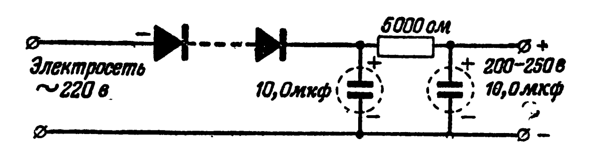


Рис. 7. Схема простейшего селенового выпрямителя.

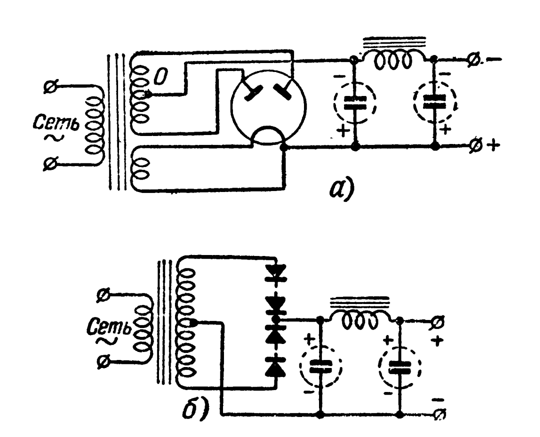


Рис. 8. Двухполупериодные схемы кенотронного (*а*) и селенового (*б*) выпрямителя.

Иногда встречаются купроксные (меднозакисные) выпрямители, сходные по внешнему виду с селеновыми. У купроксных выпрямителей шайбы сделаны из меди и покрыты с одной стороны слоем закиси меди. Однако эти выпрямители выдерживают меньшее напряжение, чем селеновые. Поэтому в купроксных выпрямителях число шайб приходится брать вдвое больше. В настоящее время выпускаются главным образом селеновые выпрямители.

Все рассмотренные схемы выпрямителей называются однополупериодными. В них используются одна полуволна переменного тока и источник этого тока работает в течение одного полупериода. Часто применяются также двухполупериодные выпрямительные схемы, показанные на рис. 8, в которых используются обе полуволны. Для кенотронных выпрямителей, построенных по двухполупериодной схеме, применяют специальный двуханодный кенотрон (рис. 8,*а*). Он представляет собой двойной диод, т. е. имеет в одном баллоне два диода. Их аноды выводятся отдельно, а нити накала соединяются параллельно внутри лампы и поэтому от них сделано только два вывода (на схематическом изображении двуханодного кенотрона для упрощения показывают одну нить накала).

В двухполупериодном выпрямителе повышающая обмотка силового трансформатора имеет двойное напряжение и вывод от средней точки (*О* на рис. 8,*а*), который является минусом выпрямленного напряжения. Во время одного полупериода работают только одна половина этой обмотки и один из диодов, на аноде которого напряжение положительное. В течение второго полупериода работают только вторая половина обмотки и второй диод, так как теперь положительное напряжение будет на его аноде. Таким образом, обе половины обмотки и оба диода работают поочередно.

Выпрямленное напряжение при двухполупериодном выпрямлении имеет меньшие пульсации, а частота их равна удвоенной частоте тока сети, т. е. составляет 100 *гц*. Это облегчает сглаживание пульсаций.

На рис. 8,б показана схема двухполупериодного селенового выпрямителя. Обычно для него применяется селеновый столбик, собранный так, чтобы у него был вывод от средней точки, являющейся плюсом выпрямленного напряжения.

СГЛАЖИВАЮЩИЕ ФИЛЬТРЫ[1]

Выпрямленный ток является пульсирующим током, т. е. содержит постоянную и переменную составляющие.

Но задача выпрямителя состоит в том, чтобы питать ту или иную нагрузку, например анодные цепи приемника, постоянным по величине током. Поэтому переменная составляющая выпрямленного тока является не только бесполезной, но и вредной. Ее не следует допускать в нагрузочное сопротивление. Постоянная составляющая, наоборот, является полезной и желательно, чтобы она была как можно больше по сравнению с переменной составляющей.

Рассмотрим величины постоянной составляющей $I_{=}$ и переменной составляющей $I_{\sim}$ для различных схем выпрямителей. При этом надо иметь в виду, что пульсации выпрямленного тока несинусоидальны и, следовательно, переменная составляющая содержит ряд гармоник. Наибольшую величину имеет первая гармоника, амплитуду которой мы будем обозначать I_{m1}.

Для однополупериодного выпрямления постоянная составляющая тока (или напряжения) составляет только 0,32, т. е. примерно 1/3 от максимального значения $I_{мак}$ или $U_{макс}$ (рис. 1), а амплитуда первой гармоники переменной составляющей $I_{m1} = 0{,}5\ I_{макс}$. Частота переменной составляющей равна частоте переменного тока, т. е. 50 *гц* при питании от

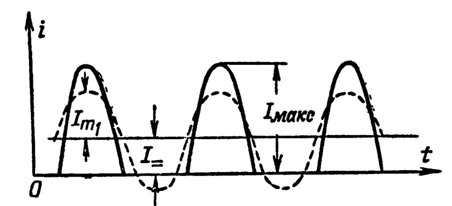


Рис. 1. Составляющие выпрямленного тока при однополупериодном выпрямлении.

[1] И. П. Жеребцов, Радиотехника для радиолюбителей, Связьиздат, 1949.

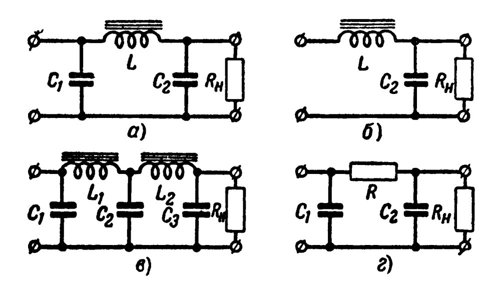


Рис. 2. Различные схемы сглаживающих фильтров.

электросети. Таким образом, в этом случае переменная составляющая больше постоянной составляющей, что является недостатком однополупериодного выпрямления.

В двухполупериодном выпрямителе (за исключением схемы с удвоением напряжения) имеют место следующие соотношения:

$$I_{=} \approx 0{,}64 I_{макс} \text{ и } I_{m1} \approx 0{,}42 I_{макс}.$$

Точно такие же соотношения будут и для напряжений. Частота пульсаций удвоенная, т. е. равна 100 *гц*. Как видим, постоянная составляющая больше переменной. В этом заключается большое преимущество двухполупериодного выпрямления по сравнению с однополупериодным.

Чтобы ток и напряжение в нагрузочном сопротивлении $R_н$ были постоянными, необходимо сгладить пульсации с помощью фильтра, включаемого между самим выпрямителем и сопротивлением нагрузки.

Задачей фильтра является пропускание постоянной составляющей в нагрузочное сопротивление и устранение переменной составляющей.

Наиболее часто применяющиеся схемы сглаживающих фильтров показаны на рис. 2.

Конденсаторы фильтра имеют емкость порядка нескольких микрофарад. В качестве них широко используются электролитические конденсаторы. Дроссели всегда делаются с сердечником из стальных пластин и числом витков порядка нескольких тысяч для получения индуктивности в несколько единиц или десятков генри.

Переменные составляющие выпрямленного пульсирующего тока, имеющие частоты 50, 100 *гц* и более высокие, свободно проходят через конденсатор C_1, обладающий сравнительно небольшим сопротивлением для переменного тока этих частот, и возвращаются обратно в выпрямитель. Зато дроссель L представляет для них весьма большое индуктивное сопротивление и почти не пропускает эти токи, в то время как для постоянной составляющей медный провод дросселя имеет небольшое сопротивление. Поэтому падение напряжения постоянной составляющей на дросселе будет незначительное.

Так как некоторая часть переменной составляющей все же проходит через дроссель, то после него параллельно нагрузочному сопротивлению $R_н$ включен еще один конденсатор C_2, сопротивление которого невелико по сравнению с $R_н$. В результате бóльшая часть переменного тока, прошедшего через дроссель, замыкается через конденсатор C_2 и в нагрузочное сопротивление $R_н$ не попадает. Чем больше индуктивное сопротивление дросселя и чем меньше емкостное сопротивление конденсаторов, тем лучше фильтр будет сглаживать пульсации. Таким образом, величины L и C для фильтров желательно брать как можно больше.

Следует обратить внимание на то интересное обстоятельство, что *первый конденсатор фильтра C_1 не только сглаживает пульсации, но и значительно повышает постоянную составляющую выпрямленного напряжения.* Это объясняется тем, что конденсатор C_1 при нарастании напряжения быстро заряжается от выпрямителя почти до амплитудного значения напряжения, а затем медленно разряжается через дроссель на сопротивление нагрузки $R_н$. Через кенотрон конденсатор C_1 разряжаться не может, так как электроны не проходят от анода к катоду, а разряд через $R_н$ происходит тем медленнее, чем больше $R_н$ и индуктивное сопротивление дросселя, препятствующее быстрому нарастанию тока и спаданию напряжения на конденсаторе. Благодаря этому напряжение не успевает падать так быстро, как при отсутствии C_1, а уже после небольшого понижения напряжения снова повторяется заряд конденсатора от следующего полупериода тока, проходящего через кенотрон. В результате напряжение на C_1 опять поднимается почти до амплитудного значения переменного напряжения.

На рис. 3 показан сплошной линией график изменения напряжения на конденсаторе C_1 при однополупериодном выпрямлении, а пунктиром дан для сравнения график выпрямлен-

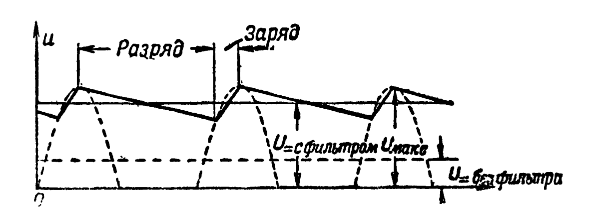


Рис. 3. Сглаживание пульсации первым конденсатором фильтра.

ного напряжения при отсутствии фильтра. Из графика видно, что пульсации значительно сглажены и постоянная составляющая значительно повысилась. Она уже не равна 0,32 максимального напряжения, а может составлять 0,8—0,9 $U_{макс}$.

Чем больше нагрузочное сопротивление $R_н$, тем меньше ток разряда конденсатора C_1 и тем медленнее спадает на нем напряжение. Значит, постоянная составляющая будет выше и пульсации будут сглажены лучше. Если цепь сопротивления $R_н$ вообще разомкнуть, то конденсатор C_1, зарядившись до максимального напряжения $U_{макс}$, совершенно не будет разряжаться и напряжение на нем будет строго постоянным, равным $U_{макс}$.

Таким образом, при наличии фильтра постоянное напряжение, даваемое выпрямителем, может быть выше действующего напряжения вторичной повышающей обмотки трансформатора и может приближаться к амплитудному значению этого напряжения.

Например, если действующее переменное напряжение, подаваемое от трансформатора на выпрямитель, равно 300 *в* (его можно измерить вольтметром, подключенным к вторичной обмотке), то амплитудное значение этого напряжения будет, как известно, равно $1{,}4 \cdot 300 = 420$ *в*. Если постоянная составляющая напряжения на конденсаторе C_1 будет составлять 0,8 $U_{макс}$, то это значит, что она равна $U_= = 0{,}8 \cdot 420 = 336$ *в*, т. е. больше 300 *в*.

Практически постоянное напряжение на нагрузочном сопротивлении $R_н$ будет меньше вследствие потери части напряжения на сопротивлении провода дросселя.

Переменное напряжение, которое все же имеется на конденсаторе C_1, подается на дроссель L и конденсатор C_2, соединенные между собой последовательно и играющие роль как бы делителя напряжения. Индуктивное сопротивление дросселя во много раз больше, чем емкостное сопротивление конденсатора C_2. Поэтому большая часть переменного напряжения падает на L и лишь весьма малая часть этого напряжения придется на C_2, а также и на нагрузочное сопротивление $R_н$, включенное параллельно C_2.

Следует отметить, что сглаживающий фильтр действует тем лучше, чем выше частота пульсаций, так как тогда возрастает индуктивное сопротивление дросселя и уменьшается емкостное сопротивление конденсаторов. Пульсации хуже сглаживаются при однополупериодном выпрямлении, когда частота f их равна 50 *гц*, и лучше при двухполупериодном ($f = 100$ *гц*).

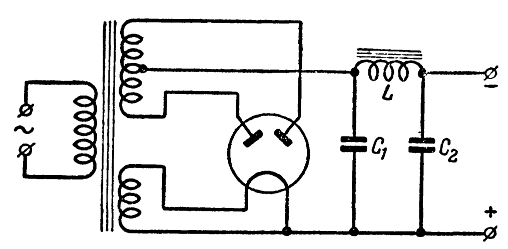


Рис. 4. Схемы двухполупериодного кенотронногс прямителя с фильтром.

Мы рассмотрели действие так называе одного звена или одной ячейки фильтра. лучшего сглаживания иногда применя фильтры из двух-трех ячеек. Пример с: двухзвенного фильтра показан на фиг. Здесь конденсатор C_1, дроссель L_1 и конд(тор C_2 составляют одно звено и работают как это было рассмотрено выше. Одноврем конденсатор C_2 играет роль входного или вого конденсатора для второго звена фил: в которое входят дроссель L_2 и конденсато Второе звено работает точно так же, как и вое, и создает дополнительное сглажив пульсаций.

В случаях, когда величина необходи выпрямленного тока очень невелика и д стима некоторая потеря постоянного напр ния, вместо дросселя для удешевления и у щения фильтра включают сопротивлени (проволочное или непроволочное), как этс казано на фиг. 2,г. Величина этого сопроті ния обычно берется в несколько тысяч десятков тысяч ом. Полная схема наиболее пространенного двухполупериодного выпр теля с фильтром показана на рис. 4.

ЛИТЕРАТУРА

Книги

Д. А. Гершгал и В. А. Дараган-Су Самодельный вибропреобразователь (Массовая р библиотека), Госэнергоиздат, 1951.

Подробное описание простого устройства, пре зующего низкое постоянное напряжение аккумуля в повышенное постоянное напряжение.

К. Б. Мазель, Выпрямители и стабилиз: напряжения (Массовая радиобиблиотека), Госэı издат, 1951.

Рассматриваются основные схемы выпрямите. электронных стабилизаторов напряжения. Приво расчеты кенотронных и селеновых выпрями а также сглаживающих фильтров. Дается конс тивный расчет трансформаторов и дросселей и р электронного стабилизатора напряжения.

С. С. Вайнштейн, Как построить выпрям (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 19

Описание несложного выпрямителя для р приемника.

И. П. Жеребцов, Радиотехника, Связы 1954.

Пятая глава книги посвящена выпрямителям

Л. В. Троицкий, Сборник ответов на вопросы радиолюбителей (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат 1954.

Глава седьмая посвящена источникам питания.

И. П Жеребцов Книга сельского радиолюбителя, Издательство ДОСААФ 1955.

В книге среди прочих материалов рассматривается питание ламп в сетевых приемниках (глава 4) и подробно рассказывается об источниках питания сельских радиоустановок (гл. 12).

А. С. Бернштейн, Термоэлектрические генераторы (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1956

Брошюра знакомит с термоэлектрическим эффектом и его использованием для непосредственного преобразования тепловой энергии в электрическую Описываются различные типы термоэлектрических генераторов и современные материалы термопар, используемых в них Даются основы расчета термоэлектрического генератора с иллюстрирующими примерами.

С. Матлин, Источники питания радиоламп, Издательство ДОСААФ. 1956

Брошюра знакомит начинающих радиолюбителей с устройством и типами гальванических элементов, аккумуляторов и способами использования сети переменного тока для питания радиоламп.

П. О. Чечик, Новые источники питания радиоаппаратуры (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1956.

Краткое описание герметезированных никель-кадмиевых и серебряно-цинковых аккумуляторов, атомных электрических элементов и батарей, термоэлектрических генераторов и других источников электрической энергии (солнечных батарей, электретов и др.), разработанных в последнее время в различных странах.

Статьи

Б. Пионтковский, Гальванические элементы и батареи, «Радио», 1955, № 4.

Г. Богатин, Б. Пионтковский, Гальванические элементы и батареи различного назначения, «Радио», 1955, № 7.

А. Пресняков, Газовые элементы и аккумуляторы. «Радио», 1955, № 5.

Б. Кажинский, С. Перли, Однолопастное ветроколесо. «Радио», 1956, № 4.

Б. Харитонов, Питание приемника, «Радио», 1956, № 6.



ГЛАВА ДЕВЯТАЯ

ЛАМПОВЫЕ ПРИЕМНИКИ И УСИЛИТЕЛИ



ПАРАМЕТРЫ РАДИОПРИЕМНИКА[1]

Для того чтобы сравнивать радиоприемники и классифицировать их, нельзя ограничиваться общими и неопределенными указаниями о том, плох или хорош данный приемник. Нужны точные характеристики его рабочих качеств. Для этого надо располагать некоторыми данными, позволяющими объективно оценить качества радиоприемника.

Такими объективными данными, характеризующими электрические качества приемника, являются его параметры.

Параметр по-гречески означает — отмеривающий (измеряющий). Параметры радиоприемника — это такие его данные, которые получаются в результате вполне определенных измерений.

Основные параметры (показатели) радиоприемника следующие:

1. Диапазон волн (частот).
2. Выходная мощность.
3. Потребляемая мощность.
4. Чувствительность, т. е. способность радиоприемника принимать слабые сигналы.
5. Избирательность, т. е. способность выделять сигналы требуемой радиостанции и не пропускать сигналов других станций (отстраиваться).
6. Частотная характеристика, показывающая, как приемник воспроизводит различные частоты.

ДИАПАЗОН ВОЛН. Диапазон приемника определяет собой участок (или полосу) частот, на котором приемник работает. Принято указывать диапазон в килогерцах или в мегагерцах (для наиболее коротких волн), а часто в метрах. Следует иметь в виду, что одна только способность приемника плавно настраиваться на определенную полосу частот не гарантирует возможности приема всех станций, работающих на этих частотах. Для этого еще необходимо, чтобы напряженность поля станции в месте приема достаточно превышала уровень помех, а также, чтобы приемник обладал соответствующей чувствительностью.

Современные ламповые радиоприемники имеют обычно три основных диапазона: длинноволновый (от 2 000 до 723 *м*), средневолновый (от 575 до 187 *м*) и коротковолновый (от 75,6 до 24,8 *м*).

Приемники, имеющие все три указанных диапазона, часто называют всеволновыми. По существу это наименование неправильно, так как эти приемники не охватывают ультракоротковолновый диапазон. Кроме того, в супергетеродинных приемниках, в которых обычно используется промежуточная частота 460 *кгц*. вблизи этой частоты диапазон должен иметь провал. Иначе в диапазоне, близком к промежуточной частоте, радиоприемник работал бы неустойчиво и с искажениями.

Но так как радиовещание на ультракоротких волнах ведется пока только в крупнейших центрах страны, а провал в длинноволновом диапазоне не превышает 120 *м*, название «всеволновый приемник» еще не вышло из употребления.

Некоторые всеволновые приемники имеют только один общий коротковолновый диапазон, что затрудняет настройку, так как достаточно чуть-чуть повернуть ручку, чтобы потерять принимаемую радиостанцию. Это особенно характерно для начала коротковолнового диапазона, где на узком участке расположено особенно большое число радиостанций.

С другой стороны, радиовещательные станции не занимают весь коротковолновый диапазон, а работают лишь в отдельных его участках. Это — так называемые коротковолновые вещательные диапазоны.

На шкале настройки радиоприемника эти диапазоны обычно подчеркнуты дополнительной линией.

Чтобы облегчить настройку на коротковолновые станции и получить более устойчивый прием, некоторые радиоприемники делаются с растянутыми диапазонами. Это — небольшие

[1] По разным источникам.

участки коротковолнового диапазона (300—400 *кгц*), растянутые на всю шкалу радиоприемника, благодаря чему обеспечивается удобная и плавная настройка. В современных приемниках высших классов бывает от двух до пяти растянутых диапазонов. Общий коротковолновый диапазон в этом случае служит для приема лишь в тех участках, которые не растянуты.

Таким образом, современные радиоприемники могут иметь от двух до восьми и даже десяти различных диапазонов (включая растянутые).

ВЫХОДНАЯ МОЩНОСТЬ. Последняя (оконечная) ступень радиоприемника отдает в телефон или громкоговоритель некоторую мощность тока низкой частоты, которую называют выходной мощностью. При этом на зажимах телефона или громкоговорителя приемника получается некоторое напряжение, называемое выходным напряжением. Выходная мощность выражается в ваттах или в милливаттах.

Для нормальной слышимости на телефон выходная мощность должна быть от 10 до 20 *мвт*, а выходное напряжение при этом составляет от 15 до 20 *в* для высокоомного телефона. Приемники, работающие с громкоговорителями, имеют значительно большую мощность (от сотен милливатт до нескольких ватт).

Чем больше выходная мощность приемника, тем большую аудиторию он может обслужить.

Для обслуживания жилых помещений достаточна мощность от 200 *мвт* до 3—5 *вт*. При мощности в 3—5 *вт* можно обслужить большой зал. Уличные громкоговорители потребляют мощность до 100 *вт*, а иногда и выше.

Широко распространенные приемники имеют выходную мощность: «Рекорд-47» около 1 *вт*, АРЗ-49 0,6 *вт*, «Восток-49» 1,5 *вт*, ВЭФ М-557 около 3 *вт*, батарейный приемник «Родина» 0,2—0,18 *вт*.

При определении выходной мощности принимается во внимание мощность, которую приемник отдает при определенном минимуме искажений, в связи с чем ее называют иногда «неискаженной мощностью».

Отдаваемую приемником электрическую мощность не следует смешивать с акустической мощностью, т. е. мощностью звуковых колебаний, развиваемых громкоговорителем. Так как коэффициент полезного действия громкоговорителей очень мал (в среднем около 1%), то отдаваемая приемником акустическая мощность примерно в сто раз меньше указываемой в паспортах выходной мощности.

ПОТРЕБЛЯЕМАЯ МОЩНОСТЬ. Мощность, потребляемая приемником от осветительной сети, выражается в ваттах и является показателем, характеризующим экономичность радиоприемника. Чем меньшую мощность потребляет приемник, тем он экономичнее. По величине потребляемой приемником мощности можно вычислить, сколько будет стоить электроэнергия, нужная для его работы.

Сделаем примерный расчет для приемника «Беларусь», имеющего 13 ламп и потребляющего от сети 180 *вт*.

Допустим, что приемник работает 5 час. в сутки, следовательно, в день он потребляет 900 *вт·ч* (ватт-часов), а в месяц 900×30= = 27 000 *вт·ч*, или 270 *гвт·ч* (гектоватт-часов; 1 киловатт = 10 гектоватт = 1 000 ватт). Один гектоватт-час по московскому тарифу стоит 4 коп. (1 киловатт-час — 40 коп.). Следовательно, стоимость питания радиоприемника в месяц составит 270 × 4 = 10 р. 80 к.

Соответственно стоимость питания приемника средней мощности, потребляющего, скажем, 50—80 *вт*, составит от 3 р. до 4 р. 80 к. Эти цифры следует знать всем, имеющим приемники и проживающим в коммунальных квартирах.

ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ. Способность принимать слабые сигналы характеризуется параметром, называемым чувствительностью радиоприемника.

Чем слабее сигналы принимаемой станции, тем более чувствительным должен быть приемник, чтобы принять их. Сигналы принимаемой станции поступают на вход приемника (входом приемника называют его зажимы «антенна — заземление»), развивая на них некоторое переменное напряжение высокой частоты. Это напряжение называется входным.

Чем меньше величина входного напряжения, достаточная для нормальной работы приемника, тем выше его чувствительность.

Чувствительность приемника оценивается тем напряжением сигнала на его входе, при котором на выходе из приемника получается установленная для него мощность. Чем меньше требуемое для этого напряжение сигнала, тем чувствительнее приемник.

Нормальная выходная мощность равна одной десятой наибольшей выходной мощности приемника, т. е. такой мощности, которую приемник отдает при коэффициенте нелинейных искажений, не превышающем 10%.

Необходимое для получения такой выходной мощности входное напряжение бывает очень малым и измеряется миллионными долями вольта — микровольтами (*мкв*).

Таким образом, чувствительностью приемника называется то напряжение в микровольтах, которое надо подвести к его входу, чтобы приемник отдавал нормальную выходную мощность. Если, например, для получения нормальной выходной мощности к приемнику надо подвести напряжение 100 *мкв*, то говорят, что его чувствительность равна ста микровольтам.

Так как поступающее на вход приемника напряжение сигнала усиливается в различных каскадах приемника и, достигнув необходимой величины, попадает на управляющую сетку выходной лампы, то чувствительность определяется общим усилением всех его каскадов. Поэтому приемник тем чувствительнее, чем больше в нем каскадов усиления.

Следует заметить, что между чувствительностью приемника и ее численным выражением в микровольтах существует обратная зависимость: чем больше значение чувствительности, выраженное в микровольтах, тем меньше чувствительность приемника. Если, например, чувствительность одного приемника равна 100 *мкв*, а другого 1 000 *мкв*, то чувствительность первого из них в 10 раз больше, чем второго.

Чувствительность приемника неодинакова в разных точках диапазона. Как правило, чувствительность приемников бывает наибольшей в длинноволновом диапазоне и наименьшей в коротковолновом, а в пределах каждого диапазона чувствительность бывает больше там, где волны длиннее.

По ГОСТ у приемников 1-го класса чувствительность должна быть на всех диапазонах не хуже 50 *мкв*; у приемников 2-го класса — не хуже 200 *мкв* на длинных и средних волнах и не хуже 300 *мкв* на коротких волнах; у приемников 3-го класса сетевых — не хуже 300 *мкв* на длинных и средних и не хуже 500 *мкв* на коротких волнах, а у батарейных приемников 3-го класса — не хуже 400 *мкв* на диапазонах длинных и средних волн.

ИЗБИРАТЕЛЬНОСТЬ. Избирательность приемника характеризует его способность выделять сигнал требуемой станции и не пропускать сигналов других станций. Иначе говоря, избирательность приемника показывает, какова его способность отстраиваться при приеме какой-либо станции от передач мешающих станций.

Избирательность определяется в основном качеством и количеством настроенных резонансных контуров. Чем больше в приемнике таких контуров, тем выше его избирательность.

Избирательность обычно определяют показателем, который дает представление о том, насколько уменьшается усиление приемника при расстройке его на 10 *кгц*. Часто в паспорте приемника просто указывается, во сколько раз уменьшается его усиление при такой расстройке. Иногда же величина этого ослабления приводится в особых единицах — децибелах (*дб*). Приблизительно ослабление в 6 *дб* соответствует уменьшению усиления в 2 раза, ослабление в 10 *дб* — уменьшению усиления в 3 раза, ослабление в 15 *дб* — уменьшению в 6 раз, ослабление в 20 *дб* — уменьшению в 10 раз, ослабление в 40 *дб* — уменьшению в 100 раз и т. д.

Таким образом, если в паспорте приемника сказано, что ослабление при расстройке на 10 *кгц* равно 20 *дб*, то это означает, что при такой расстройке усиление приемника будет в 10 раз меньшим, чем при точной настройке на станцию.

Обычно радиовещательные приемники среднего качества при расстройке на 10 *кгц* дают ослабление не менее чем 20 *дб*, т. е. не меньше чем в 10 раз.

НАПРЯЖЕННОСТЬ ПОЛЯ[1]

Для того чтобы составить себе правильное представление о том, какие возможности в отношении приема обеспечивают современные приемники, надо знать примерные величины напряжений, развиваемых станциями в приемных антеннах. Эти величины характеризуются напряженностью поля станций в месте приема. Напряженность поля численно равна напряжению, которое получается в приемной антенне с действующей высотой 1 *м*.

Напряженность поля местных радиостанций измеряется обычно десятками тысяч *мкв/м* (микровольт на метр). Считается, что для хорошего приема на детекторном приемнике нужна напряженность поля не меньше 3 000 — 5 000 *мкв/м*.

Хорошо слышимые на современном ламповом приемнике дальние станции создают напряженность поля от нескольких сот примерно до 1 000 *мкв/м*. Станции средней слышимости развивают напряженность поля порядка 100 *мкв/м*. Станции, слышимые слабо, создают поле напряженностью около 50 *мкв/м*. Прием таких станций не вполне регулярен, а в районе действия электрических помех часто бывает совсем невозможен. При отсутствии атмосферных, индустриальных и всякого рода иных помех хороший современный приемник может давать не особенно громкий прием сигналов при напряженности поля 5—15 *мкв/м*.

---

[1] «Радио», 1949, № 1.

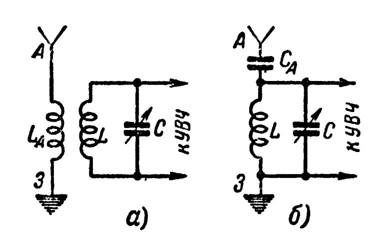


Рис 1. Схемы связи входного контура с антенной.

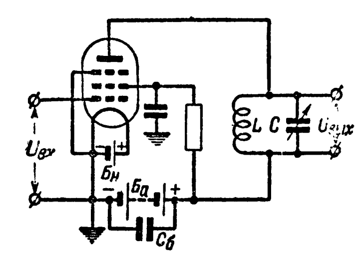


Рис. 2. Схема усилителя высокой частоты с анодным контуром.

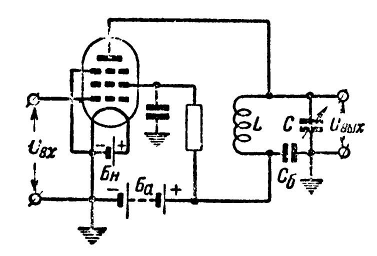


Рис. 3. Вариант схемы усилителя высокой частоты с анодным контуром

УСИЛИТЕЛЬ ВЫСОКОЙ ЧАСТОТЫ[1]

Назначением усилителя высокой частоты в приемнике являются усиление колебаний высокой частоты, полученных в антенне под действием радиоволн, и повышение избирательности приемника.

В отличие от усилителей низкой частоты, которые служат для усиления колебаний во всем диапазоне звуковых частот, усилители высокой частоты должны усиливать колебания не всех частот сразу, а только одной определенной высокой частоты или некоторой сравнительно узкой полосы высоких частот.

Это достигается применением настроенных в резонанс колебательных контуров, и потому усилители высокой частоты иногда называют резонансными усилителями.

ВХОДНОЙ КОНТУР. Колебания из антенны подаются на сетку лампы каскада усиления высокой частоты через входной контур LC, который, как правило, не включается непосредственно в антенну, а связывается с ней индуктивно через катушку L_A (рис. 1,*а*) или через небольшую емкость C_A (рис. 1,*б*).

Непосредственное включение входного контура в антенну неудобно потому, что тогда довольно большая емкость антенны войдет в состав контура, значительно уменьшит его собственную частоту и уменьшит коэффициент перекрытия на более коротких волнах.

В большинстве случаев антенная цепь в приемнике не настраивается, но все же иногда для увеличения громкости приема и повышения избирательности ее настраивают в резонанс на частоту принимаемого сигнала.

СХЕМА С АНОДНЫМ КОНТУРОМ. Одна из наиболее распространенных схем усилителя высокой частоты дана на рис. 2. Она называется схемой с анодным контуром.

Переменное напряжение высокой частоты в этой схеме подается на управляющую сетку лампы и создает в анодной цепи ток, пульсирующий с той же частотой. Анодный колебательный контур LC является большим нагрузочным сопротивлением для переменной составляющей анодного тока. Чем больше его сопротивление, тем больше коэффициент усиления каскада.

Контур настраивается всегда в резонанс, а в этом случае в контуре возникают наиболее сильные колебания, которые будут тем значительнее, чем меньше потери в контуре, т. е. чем выше его добротность.

Постоянная составляющая анодного тока проходит свободно через катушку, а переменная составляющая создает на контуре переменное напряжение, значительно усиленное по сравнению с напряжением, поданным на управляющую сетку.

Триоды в усилителях высокой частоты, как правило, не применяются, так как они обладают значительной паразитной емкостью анод — сетка, которая особенно вредна на высоких частотах.

Сопротивление анодного контура практически не удается сделать больше нескольких десятков тысяч ом. Поэтому коэффициент усиления каскада получается небольшим по сравнению с коэффициентом усиления самой лампы.

Каскады усиления высокой частоты на более коротких волнах дают меньшее усиление, так как сопротивление анодного контура на коротких волнах всегда бывает ниже, чем на более длинных волнах.

Схема каскада, изображенная на рис. 2, имеет тот недостаток, что в ней конденсатор C анодного контура находится под высоким анодным напряжением и его ротор нельзя соединить с землей (точнее с корпусом, т. е. с общим минусом).

Несколько измененная схема, показанная на рис. 3, не обладает этим недостатком. В ней блокировочный конденсатор $C_б$, служащий для пропускания переменной составляющей анодного тока, включен в анодный контур, и это позволяет соединять ротор конденсатора C с

[1] «Радиотехника» (Учебник сержанта-связиста), Воениздат, 1949.

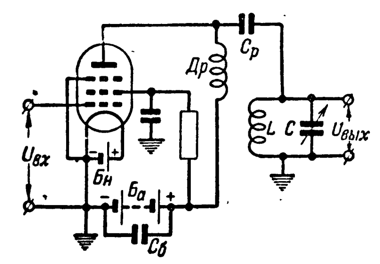


Рис. 4. Схема усилителя высокой частоты с параллельным анодным питанием.

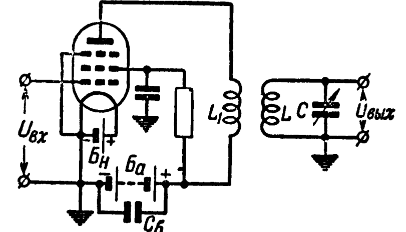


Рис. 5. Трансформаторная схема усилителя высокой частоты

корпусом. Конденсатор $C_б$ имеет обычно емкость в несколько тысяч или десятков тысяч пикофарад, и его включение последовательно с конденсатором контура лишь незначительно уменьшает емкость анодного контура.

Когда каскад усиления высокой частоты применяется в приемнике, то на управляющую сетку лампы подаются колебания из входного контура или предыдущего каскада, а усиленные колебания от анодного контура данного каскада подаются на сетку следующего каскада.

Для уменьшения паразитной емкости между анодной и сеточной цепями каскада делают хорошую экранировку. Провод, подключенный к верхнему контакту лампы, окружают экранирующей оболочкой, ставят экраны, разделяющие друг от друга детали и провода анодной и сеточной цепей. Анодный контур часто помещают в экран. Если лампа стеклянная и не имеет металлизации баллона, то ее также иногда полностью экранируют.

Рассмотренные схемы каскадов усиления высокой частоты являются схемами с так называемым последовательным анодным питанием. Эти схемы характеризуются тем, что постоянный анодный ток проходит через катушку анодного контура и контур находится под высоким анодным напряжением.

ПАРАЛЛЕЛЬНОЕ АНОДНОЕ ПИТАНИЕ. Применяется также схема усилителя высокой частоты с параллельным анодным питанием, показанная на рис. 4. В ней постоянная составляющая анодного тока проходит через дроссель *Др*, а переменная составляющая тока высокой частоты, для которой дроссель представляет большое индуктивное сопротивление, проходит от лампы через разделительный конденсатор $C_р$ в контур *LC*. Изучая путь этих токов на схеме, нужно всегда помнить, что источником постоянного анодного тока служит анодная батарея, а генератором переменного анодного тока в любом усилительном каскаде является сама лампа.

Удобство схемы с параллельным анодным питанием заключается в том, что анодный контур не находится под высоким анодным напряжением и поэтому ротор конденсатора переменной емкости может быть непосредственно соединен с корпусом приемника. Некоторым недостатком схемы является наличие дополнительных деталей: анодного дросселя и разделительного конденсатора. Трудно сделать дроссель таким, чтобы он в пределах широкого диапазона частот имел большое индуктивное сопротивление, так как оно меняется при изменении частоты. Этому также мешает собственная емкость дросселя, которая будет оказывать малое сопротивление токам более высоких частот.

Иногда в приемниках вместо дросселя включают активное сопротивление, величина которого при изменении частоты остается почти постоянной.

ТРАНСФОРМАТОРНАЯ СХЕМА. Большое применение имеет еще одна схема каскада усиления высокой частоты, называемая трансформаторной (рис. 5). В ней анодная цепь усилителя высокой частоты связана с последующим каскадом с помощью трансформатора высокой частоты, состоящего из катушек *L* и L_1. Катушка *L* входит в состав резонансного контура, который обычно является сеточным контуром следующего каскада. Катушки *L* и L_1 располагаются всегда неподвижно одна относительно другой, например наматываются рядом на один каркас.

Трансформаторная схема удобна тем, что контур *LC* изолирован от анодной цепи и, следовательно, ротор конденсатора *C* можно соединить с корпусом приемника. При правильном подборе взаимной индуктивности между катушками *L* и L_1 схема может дать примерно такое же усиление, как и схема с анодным контуром.

В каскадах усиления высокой частоты приемника амплитуды колебаний обычно весьма малы. Поэтому часто эти каскады работают без отрицательного напряжения смещения. Однако применение небольшого напряжения смещения (2—3 *в*) желательно для устранения сеточного тока и для уменьшения расхода анодного тока, что особенно важно для батарейных приемников. Так как применение отдельной сеточной батареи для создания напряжения смещения на сетке неудобно, то в современных приемниках это напряжение берется от батарей накала или от анодной батареи.

ЛАМПОВЫЕ ДЕТЕКТОРЫ[1]

ДИОДНЫЙ ДЕТЕКТОР. В простейшем случае приемник с диодным детектором можно сделать из любого приемника с кристаллическим детектором, заменив последний диодом. Такая схема позволяет принимать передачу местных станций на телефон. По сравнению с кристаллическим детектором диод работает более устойчиво, но при приеме слабых колебаний дает меньшую громкость.

В современных многоламповых супергетеродинах диодный детектор применяется очень часто для детектирования сравнительно сильных колебаний, полученных после усиления сигналов предыдущими каскадами усиления. Достоинством диодного детектора является малое искажение колебаний звуковой частоты. Недостаток его — то, что он не усиливает подводимых к нему колебаний.

На рис. 1 графически показан процесс детектирования с диодом (для упрощения графика показаны два случая, когда нагрузочное сопротивление отсутствует или оно очень мало). Вдоль нижней вертикальной оси изображена кривая высокочастотного модулированного напряжения, подаваемого на диод от колебательного контура, а вдоль правой горизонтальной оси построен с помощью характеристики диода график пульсирующего анодного тока. Этот ток содержит кроме составляющей высокой частоты еще постоянную составляющую и, главное, составляющую низкой частоты.

Две схемы диодных детекторов, применяемые в приемниках, показаны на рис. 2. В схеме рис. 2,*а*, называемой *последовательной* схемой, нагрузочное сопротивление R включено последовательно с диодом $Л$. Переменное модулированное напряжение с контура LC подается на диод, т. е. играет роль анодного напряжения диода. Сопротивление R имеет большую величину — порядка 0,1—0,5 *Мом*, и, чтобы на нем не получилась потеря значительной части переменного напряжения высокой частоты, его всегда шунтируют конденсатором C_1 емкостью 100—200 *пф*. Сопротивление такого конденсатора для токов высокой частоты сравнительно невелико.

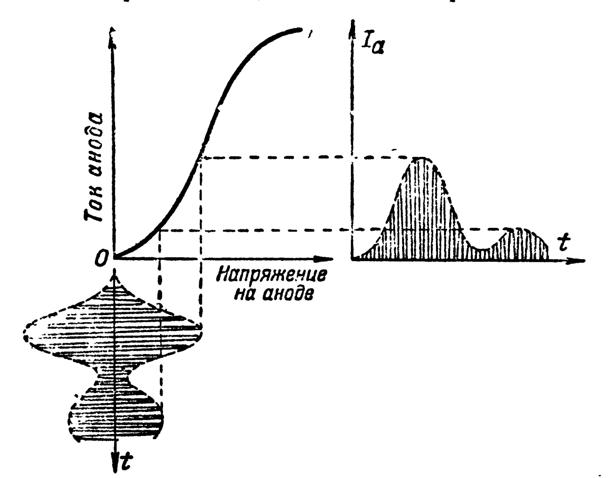


Рис. 1. Графическое изображение детектирования с помощью диода.

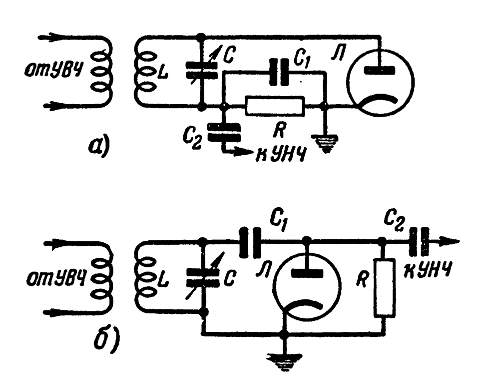


Рис. 2. Схемы диодного детектирования.

Полученный в диоде благодаря его односторонней проводимости пульсирующий ток проходит следующим образом: его составляющая высокой частоты проходит через конденсатор C_1 и через контур LC; постоянная составляющая и составляющая низкой частоты проходят через катушку контура L и сопротивление R, создавая на нем падение напряжения, пульсирующее со звуковой частотой.

Таким образом, нагрузочное сопротивление R включено специально для того, чтобы на нем в результате работы детектора выделялось переменное напряжение низкой частоты. Это напряжение обычно подается через разделительный конденсатор C_2 на усилитель низкой частоты (УНЧ). Разделительный конденсатор не допускает на этот усилитель постоянное напряжение, получающееся на сопротивлении R. Емкость конденсатора C_2 должна быть значительной (не менее нескольких тысяч пикофарад), с тем чтобы он хорошо пропускал колебания низкой частоты.

Надо отметить, что конденсатор C_1, шунтирующий нагрузочное сопротивление R, служит не только для подачи через него переменного напряжения от контура на диод, но также для сглаживания пульсаций постоянной составляющей напряжения на сопротивлении R и для повышения этого напряжения, т. е. он действует

[1] И. П. Жеребцов. Радиотехника для радиолюбителей, Связьиздат, 1949.

совершенно аналогично первому конденсатору сглаживающего фильтра выпрямителя.

Схема рис. 2,*б*, называемая *параллельной* схемой, имеет параллельное соединение диода *Л* и нагрузочного сопротивления *R*. Переменное напряжение от контура *LC* подается на диод через конденсатор C_1 емкостью 100—200 *пф*. Высокочастотная составляющая анодного тока диода проходит через этот конденсатор и контур, а постоянная составляющая и составляющая низкой частоты через нагрузочное сопротивление *R*, так как конденсатор C_1 не пропускает постоянный ток и составляющую низкой частоты. На сопротивлении *R* получается некоторое постоянное напряжение и напряжение звуковой частоты. Последнее через конденсатор C_2 подается к усилителю низкой частоты.

Диод имеет сравнительно небольшое внутреннее сопротивление, которым он шунтирует контур *LC*, внося в последний значительное затухание. В результате добротность и избирательность контура заметно ухудшаются.

Следует обратить внимание на ту особенность диодного детектора, что он не нуждается в анодном питании. Для его работы необходимо только питание цепи накала.

СЕТОЧНЫЙ ДЕТЕКТОР. Сеточный детектор применяется во всех приемниках прямого усиления.

Две схемы сеточного детектирования приведены на рис. 3. Детектирование происходит в цепи управляющей сетки совершенно аналогично диодному детектированию. Роль диода выполняет промежуток лампы между управляющей сеткой и катодом, причем управляющая сетка является как бы анодом диода. Так же как и в схеме диодного детектора, в цепь управляющей сетки включены большое сопротивление R_c и конденсатор C_c.

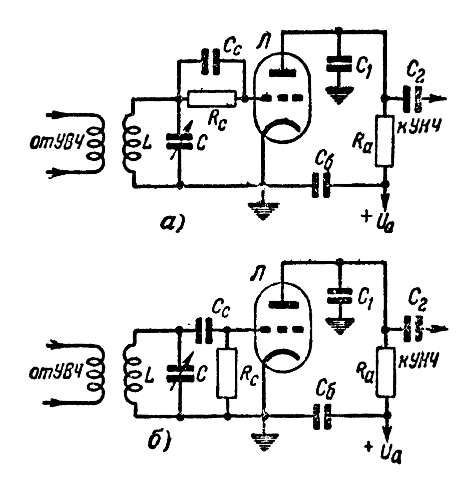


Рис. 3 Схемы сеточного детектирования.

В схеме рис. 3,*а* сопротивление R_c включено последовательно с участком сетка — катод и шунтировано конденсатором. Эта схема аналогична последовательной схеме диодного детектора (рис. 2,*а*).

В схеме рис. 3,*б* сопротивление R_c включено параллельно промежутку сетка — катод, как в параллельной схеме диодного детектирования (рис. 2,*б*).

Обычно C_c называют сеточным конденсатором, а R_c — сеточным сопротивлением, сопротивлением утечки или утечкой сетки. Емкость C_c не превышает 100—200 *пф*, а сопротивление имеет величину от одного до нескольких мегом.

В результате детектирования модулированных колебаний в цепи управляющей сетки появляется пульсирующий ток, состоящий из высокой частоты, постоянной составляющей и составляющей низкой частоты. Составляющая высокой частоты проходит через сеточный конденсатор, а две другие составляющие проходят через сопротивление утечки и создают на нем падение напряжения, меняющееся со звуковой частотой. Сеточный ток имеет внутри лампы направление от сетки к катоду, и поэтому выделяющееся на R_c напряжение является отрицательным напряжением смещения для управляющей сетки.

Таким образом, получается меняющееся со звуковой частотой напряжение смещения. Оно действует на анодный ток и в последнем появляются соответствующие пульсации звуковой частоты. Иначе говоря, переменное напряжение звуковой частоты, получившееся на сопротивлении R_c благодаря детектированию в цепи управляющей сетки, усиливается триодом на прямолинейном участке характеристики анодного тока. Одновременно триод усиливает и переменное напряжение высокой частоты, так как оно тоже имеется на управляющей сетке. По существу в сеточном детекторе происходит три процесса: диодное детектирование в цепи управляющей сетки, усиление колебаний низкой частоты и усиление колебаний высокой частоты.

Для правильной работы сеточного детектора рабочая точка должна находиться на прямолинейном участке характеристики анодного тока и на изгибе характеристики сеточного тока.

На схемах рис. 3 в анодную цепь включено нагрузочное сопротивление R_a, на котором создается усиленное напряжение звуковой частоты. Это напряжение подается для дальнейшего усиления через разделительный конденсатор C_2 к усилителю низкой частоты.

При отсутствии в приемнике усилителя низ-

кой частоты вместо сопротивления R_a включаются телефонные трубки.

В данных схемах усиление колебаний высокой частоты не представляет ничего полезного. Поэтому высокочастотная составляющая анодного тока пропускается мимо R_a через конденсатор C_1 емкостью не более нескольких сот пикофарад, включенный между анодом и катодом.

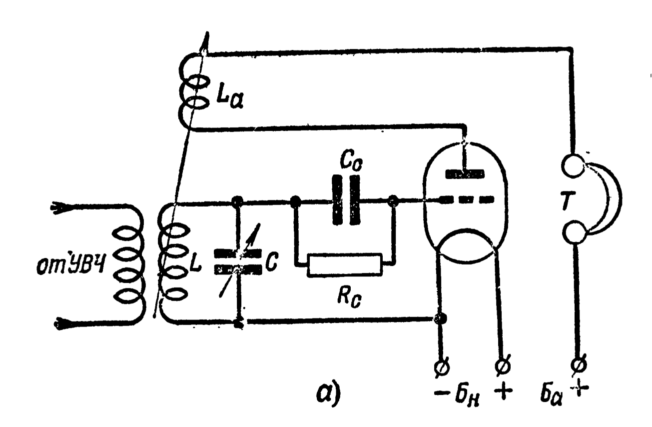
Необходимо отметить, что у некоторых ламп, например имеющих бариевый катод прямого накала, сеточный ток начинается не при нулевом напряжении на управляющей сетке, а при небольшом положительном напряжении (порядка нескольких десятых долей вольта). Для таких ламп желательно включать сопротивление утечки R_c на плюс батареи накала с тем, чтобы подать некоторый положительный потенциал на управляющую сетку и этим самым сместить рабочую точку в область начала сеточного тока, где характеристика сеточного тока имеет изгиб. У оксидных ламп сеточный ток, наоборот, начинается при небольшом отрицательном напряжении на сетке, и для них желательно R_c включать к минусу накала или просто к катоду в случае подогревной лампы.

Сеточный детектор очень чувствителен к слабым сигналам. Он усиливает их и благодаря этому дает гораздо более громкий прием, чем диодный детектор. Зато сеточное детектирование непригодно для сильных сигналов. Это объясняется тем, что при сильных сигналах на сопротивлении утечки R_c получается большое отрицательное напряжение смещения, которое сдвигает рабочую точку на характеристике анодного тока влево к нижнему изгибу, и тогда усиление колебаний низкой частоты уменьшается и происходит со значительными нелинейными искажениями.

В качестве сеточного детектора могут с успехом применяться не только триоды, но также тетроды и пентоды.

ДЕТЕКТОРНО-РЕГЕНЕРАТИВНЫЙ КАСКАД[1]

В детекторном каскаде современных приемников прямого усиления, как правило, используется явление регенерации, имеющее очень важное значение в технике радиоприема. С этой целью между анодной и сеточной цепями детектора устраивается обратная связь для высокочастотных колебаний. Схема регенеративного детекторного каскада с индуктивной обратной связью дана на рис. 1,*а*. Обратная связь в приемнике обычно делается переменной с тем, чтобы можно было ее регулировать. Принцип регенерации заключается в следующем. Пульсирующий анодный ток лампового детектора, как известно, состоит из трех составляющих: постоянной, низкочастотной и высокочастотной. Составляющая высокой частоты по форме соответствует принимаемым модулированным колебаниям. В схеме детектора без регенерации эта составляющая не используется, а при наличии катушки обратной связи L_a она проходит через эту катушку и индуктирует в катушке контура L переменное напряжение, соответствующее принимаемым сигналам. Если концы катушек L и L_a включены правильно, то напряжение, индуктируемое в катушке L катушкой обратной связи, будет совпадать по фазе с напряжением сигнала и складываться с ним. В результате переменное напряжение на управляющей сетке лампы возрастет. Но одновременно с этим возрастет и амплитуда высокочастотной состав-



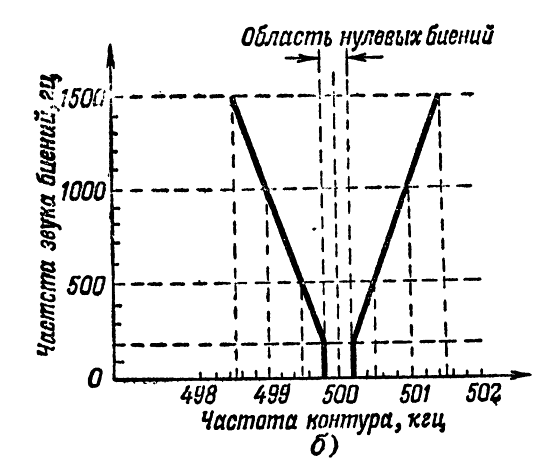


Рис. 1. Детекторно-регенеративный каскад с индуктивной обратной связью и график изменения частоты тока биений при настройке регенератора.

[1] И. П. Жеребцов, Радиотехника для радиолюбителей. Связьиздат, 1949.

ляющей анодного тока, а следовательно, увеличится и напряжение, индуктированное этой составляющей в катушке контура. Значит, напряжение на управляющей сетке еще больше увеличится, что в свою очередь снова даст усиление высокочастотной составляющей анодного тока и увеличение благодаря действию обратной связи переменного напряжения на управляющей сетке и т. д.

Таким образом, благодаря обратной связи произойдет нарастание колебаний, но, конечно, до некоторого предела. При увеличении амплитуды колебаний в контуре LC будут возрастать потери энергии в активном сопротивлении этого контура. Нарастание амплитуды колебаний возможно только до тех пор, пока энергия, добавляемая в контур с помощью обратной связи за счет усиления в лампе (источником этой энергии является анодная батарея), больше, чем потеря энергии в активном сопротивлении контура. Как только потеря энергии возрастет настолько, что станет равна энергии, поступающей из анодной цепи через обратную связь, нарастание амплитуды колебаний прекратится.

Рассмотренный процесс усиления колебаний высокой частоты получается только при достаточной величине обратной связи, т. е. при достаточно близком расположении катушек L и L_a друг к другу и при правильном их включении. Если катушки включены неправильно, то напряжение, индуктированное в контуре под действием катушки L_a, будет противоположно по фазе напряжению сигнала и поэтому будет ослаблять, а не усиливать колебания в контуре.

При сближении катушек L_a и L, т. е. при увеличении обратной связи, усиление возрастает, но до известного предела, после которого возникает генерация собственных колебаний и каскад становится генератором.

Момент возникновения генерации собственных колебаний называют порогом генерации.

Когда приемник генерирует собственные колебания, получается сложение этих колебаний с принимаемыми, и в результате модулированные колебания сильно искажаются. Если принимаются немодулированные, т. е. чисто незатухающие колебания, например несущие колебания в перерыве телефонной передачи, то от сложения этих колебаний и собственных колебаний получаются биения.

Частота биений в регенеративном приемнике зависит от разности между частотами принимаемых и собственных колебаний. При приеме какой-либо определенной станции частота сигнала постоянна, а частота собственных колебаний, как и во всяком генераторе с самовозбуждением, равна частоте контура. Изменяя настройку контура вблизи резонанса, т. е. изменяя разность между частотой сигнала и частотой контура, мы будем изменять частоту биений.

После детектирования биений в анодной цепи получается составляющая с частотой биений, которую можно легко обнаружить на телефон, если она находится в пределах звукового диапазона.

При точной настройке в резонанс с приходящими колебаниями биений не будет, потому что частота собственных колебаний совпадает с частотой сигнала и разность их равна нулю. Этот случай называют нулевыми биениями.

Он играет большую роль в радиотехнических измерениях, так как является показателем точной настройки в резонанс.

Практически нулевые биения получаются также и при некоторой расстройке контура относительно частоты сигнала. Объясняется это тем, что при небольшом отклонении от резонанса приходящие колебания действуют как постороннее возбуждение и заставляют каскад генерировать колебания не с частотой контура, а с частотой сигнала, так что разности в частотах не будет[1]. Поэтому при настройке получается некоторая область нулевых биений, которая тем шире, чем сильнее сигнал. За пределами этой области нулевых биений каскад будет генерировать собственные колебания с частотой, уже не равной частоте сигнала, и тогда возникнут биения звуковой частоты, слышимые в телефоне в виде музыкального тона (свиста). Чем больше расстройка контура относительно частоты сигнала, тем больше разность в частотах и тем выше тон биений. При значительной расстройке частота биений выходит уже за пределы слышимых звуковых частот.

Таким образом, при настройке контура приемника с обратной связью, работающего в режиме генерации, всегда наблюдаются характерные звуки. Подход к резонансу сопровождается возникновением высокого звука (свиста), постепенно понижающегося и, наконец, обрывающегося на некотором низком тоне около точного резонанса (нулевые биения). При дальнейшем изменении настройки после прохождения резонанса явление повторяется в обратном порядке, т. е. возникает низкий тон, который по мере удаления от резонанса повышается, переходя в свист, и, наконец, становится неслышимым.

---

[1] Это явление называют иногда захватыванием или увлечением, или принудительной синхронизацией.

Графически это показано на рис. 1,*б*, на котором по вертикальной оси отложена частота звука биений, а по горизонтальной оси—частота контура генерирующего приемника. Для примера на этом графике частота сигнала взята 500 *кгц*. Биения звуковой частоты в данном случае возникают только при расстройке не меньше чем на 200 *гц*, относительно резонанса, и таким образом, ширина области нулевых биений составляет 400 *гц*.

Режим порога генерации нельзя применять для приема телефонных передач, так как тогда возможно возникновение собственных колебаний и свист биений будет сильно мешать, делая телефонную передачу неразборчивой и искаженной. Правда, возможен прием телефонных сигналов в области нулевых биений, но при малейшем изменении частоты могут возникнуть биения и испортить прием. Поэтому телефонную передачу всегда принимают при величине обратной связи несколько меньшей, чем у порога генерации.

Зато режим генерации необходим для приема незатухающих телеграфных сигналов. Без генерации в телефоне будут слышны лишь щелчки, но звукового тона сигналов не получится.

При наличии генерации в результате биений в телефоне получается прием сигналов телеграфной азбуки в виде звукового тона. Изменяя настройку контура генерирующего приемника, можно менять этот тон и подобрать его наиболее приятным для приема на слух. Радиотелеграфист обычно устанавливает частоту биений около 1 000 *гц*, так как ухо наиболее чувствительно к этой частоте.

Очевидно, что при этом контур должен быть расстроен на 1 000 *гц* в ту или другую сторону относительно частоты сигнала. Таким образом, режим наиболее громкого приема телефонных сигналов получается, чуть-чуть не доходя до порога генерации, а режим хорошего приема незатухающих телеграфных сигналов получается за порогом генерации, причем сильно увеличивать обратную связь не следует, так как при большой амплитуде собственных колебаний громкость телеграфных сигналов уменьшается. Все это наглядно показано на рис. 2, на котором даны положения ручки обратной связи для порога генерации и для случая наилучшего приема телефонных сигналов.

Схема рис. 1 применяется теперь редко. Ее недостаток заключается в том, что перемещение катушки обратной связи L_a в магнитном поле катушки контура L сильно влияет на индуктивность и емкость контура, изменяя его частоту. Это затрудняет настройку приемника и не позволяет проградуировать его шкалу по частоте или длине волны.

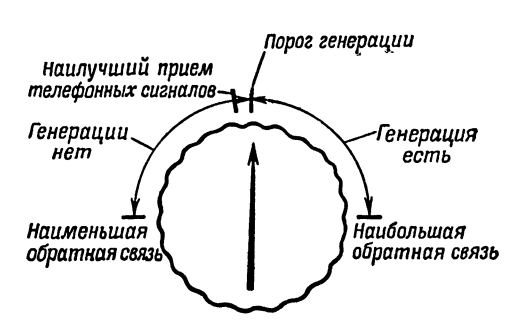


Рис. 2. Различные положения ручки обратной связи.

Гораздо удобнее схема регенератора с регулировкой обратной связи конденсатором переменной емкости. Одна из таких схем показана на рис. 3,*а*. В этой схеме постоянная составляющая и составляющая звуковой частоты анодного тока проходят в анодное нагрузочное сопротивление R_a через анодный дроссель *Др*, заграждающий путь высокочастотной составляющей; составляющая же высокой частоты идет через катушку обратной связи L_a с последовательно включенным конденсатором переменной емкости C_a, которым можно регулировать обратную связь.

Катушки L_a и L располагаются неподвижно одна относительно другой. При увеличении емкости C_a возрастает ток высокой частоты в катушке L_a и обратная связь усиливается. Конденсатор обратной связи C_a имеет емкость 200—500 *пф* и может быть с твердым диэлектриком. Иногда последовательно с ним включают постоянный конденсатор на 1 000—2 000 *пф* как предохранительный на случай замыкания пластин в C_a. Катушка L_a обычно имеет число витков в несколько раз меньше, чем у контурной катушки, и может быть намотана из любого даже очень тонкого провода. Если катушки L_a и L намотаны на одном каркасе, то для уменьшения паразитной емкости между анодом и управляющей сеткой следует их наиболее удаленные друг от друга концы включать к аноду (у L_a) и к управляющей сетке (у L).

Чтобы обратная связь не получалась слишком сильной, рекомендуется между анодом и катодом лампы включить конденсатор небольшой емкости (30—100 *пф*). Тогда ток высокой частоты частично ответвляется через этот конденсатор и не проходит полностью в катушку L_a.

Дроссель высокой частоты *Др* должен иметь несколько сот витков и обладать возможно меньшей собственной емкостью; обычно для этого его обмотку делают секционированной.

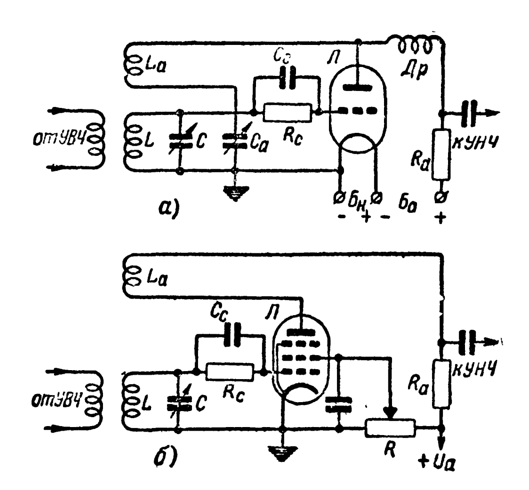


Рис. 3. Схемы регенеративного каскада с регулировкой обратной связи.

Вместо триодов в детекторно-регенеративном каскаде часто применяются тетроды и особенно пентоды, дающие значительно большее усиление. Регулирование обратной связи при применении тетрода или пентода может осуществляться посредством конденсатора переменной емкости по схеме рис. 3,*а*. Еще лучшим способом является регулирование обратной связи путем изменения напряжения на экранной сетке с помощью потенциометра R (рис. 3,*б*). Такой способ дает наименьшее влияние изменения обратной связи на настройку контура.

Для хорошей работы регенератора важно, чтобы обратная связь регулировалась очень плавно, так как только при этих условиях величину связи можно доводить почти до самого порога генерации и таким путем получать максимальное усиление. В случае «мягкого» (плавного) подхода к порогу генерации возникшая генерация при уменьшении обратной связи обрывается так же плавно и при том же самом значении величины связи, при каком она возникла. Порог генерации получается один, вполне определенный и устойчивый. Поэтому дальние станции можно принимать устойчиво у самого порога генерации, когда усиление получается наибольшее.

В противоположность этому иногда наблюдается «жесткий» (резкий) подход к порогу генерации, или так называемое *затягивание генерации*. При нем не удается подойти близко к порогу генерации. Еще до получения режима с максимальным усилением генерация возникает резко, «щелчком», а при уменьшении обратной связи генерация затягивается и затем также резко, «щелчком», обрывается при гораздо меньшем значении обратной связи, чем то, при котором она возникла. Получаются как бы два неустойчивых порога генерации. Поэтому принимать далекие и слабые станции с наибольшим усилением у самого порога невозможно.

Для устранения жесткого подхода к генерации необходимо уменьшить анодное напряжение на детекторной лампе и тщательно подобрать величину сеточного сопротивления (утечки сетки). Плавность подхода к генерации зависит от положения рабочей точки на характеристике анодного тока. Необходимо, чтобы она была на участке наибольшей крутизны, т. е. на прямолинейном участке. Отсюда между прочим следует, что при анодном детектировании применять регенерацию нецелесообразно, так как рабочая точка в этом случае находится на нижнем изгибе.

Помимо подбора величины R_c для получения плавного подхода к генерации и обеспечения наилучших условий детектирования в батарейном приемнике следует пробовать включать R_c на плюс или на минус батареи накала. Обычно включение на минус дает более плавный подход к генерации, но зато включение на плюс дает более громкую слышимость. Для подбора наилучшего режима детектирования и регенерации можно также включить R_c на движок потенциометра, соединенного с концами нити, и подобрать наивыгоднейшее положение рабочей точки.

Сеточный детектор, как мы знаем, является одновременно и детектором и усилителем низкой частоты. При наличии регенерации он, кроме того, дает большое усиление высокой частоты. Чувствительность регенеративного приемника поэтому очень велика особенно к слабым сигналам. Чем слабее принимаемый сигнал, тем больше усиление, даваемое регенератором. Для слабых сигналов усиление детекторно-регенеративного каскада доходит до нескольких тысяч, а для сигналов близких мощных станций, которые слышны громко и без обратной связи, усиление за счет регенерации получается малым.

Избирательность тоже значительно увеличивается от применения регенерации. У порога генерации она становится особенно высокой, а полоса пропускаемых частот весьма заметно суживается, так что при настройке точно в резонанс слышимость становится глухой из-за срезания крайних боковых частот, которыми передаются высокие звуки. Однако все же мощные близкие станции слышны в большом диапазоне настройки регенератора и сильно мешают приему других станций, особенно слабых и далеких. Эти недостатки регенератора устраняются применением каскадов усиления высокой частоты.

Необходимость каскада усиления высокой частоты диктуется еще одним довольно неприятным свойством регенеративного приемника. В режиме генерации он фактически превращается в маломощный передатчик и излучает через антенну радиоволны, которые принимаются соседними приемниками и создают в них помехи в виде свистов, завываний и т. д. Такое паразитное излучение регенератора совершенно недопустимо, и для его устранения *обязательно* наличие в приемнике каскада усиления высокой частоты. Тогда колебания, генерируемые в детекторном каскаде, не смогут пройти в антенну.

В последнее время приемники прямого усиления с обратной связью применяются все меньше и меньше, что объясняется следующими причинами.

Для того чтобы построить приемник прямого усиления, обладающий большой чувствительностью и высокой избирательностью, нужно увеличить в нем число каскадов усиления высокой частоты. Но тогда даже при тщательной экранировке трудно избавиться от паразитной генерации. Большое число резонансных контуров чрезвычайно удорожает приемник, усложняет его конструкцию и настройку. Для осуществления одноручечной настройки можно подогнать в резонанс два-три контура, настраивающихся с помощью агрегата конденсаторов переменной емкости, но сделать это для большего числа контуров очень трудно. Кроме того, каскады усиления высокой частоты, работающие на радиовещательном диапазоне или на диапазоне коротких волн, дают сравнительно малое усиление, так как сопротивление анодного контура получается во много раз меньше внутреннего сопротивления лампы. Приемник прямого усиления нелегко настраивать: необходимо одновременно вращать ручку настройки и ручку обратной связи: далекие и маломощные станции можно принимать только при установке обратной связи у самого порога генерации, что требует от настраивающего лица большого опыта.

Все эти недостатки почти полностью устраняются в приемнике с преобразованием частоты, т. е. в супергетеродине.

Иногда обратную связь применяют и в супергетеродинном приемнике. В этом случае детектор не может, конечно, быть диодным, а должен быть построен на триоде или пентоде, и тогда в супергетеродине появляется несколько необычная для него ручка обратной связи.

Работа обратной связи в детекторном каскаде супергетеродина аналогична работе обратной связи в приемнике прямого усиления. Помимо возможности приема телеграфных сигналов, обратная связь дает также некоторое усиление телефонных сигналов, особенно если они слабы.

УСИЛИТЕЛИ НИЗКОЙ ЧАСТОТЫ[1]

В усилителях крайне редко ограничиваются одним каскадом усиления, состоящим обычно из одной лампы и связанных с нею элементов схемы.

Первый каскад усилителя, соединяемый с источником усиливаемой энергии, называется входным. Последний каскад усилителя, работающий на нагрузку, называется выходным. Остальные каскады носят название промежуточных.

Ряд типов усилителей предназначается только для усиления подводимого к ним напряжения, причем выделяемая при этом усилителем мощность не играет существенной роли. Такие усилители называются *усилителями напряжения.* К ним относятся, например, микрофонные, предварительные студийные, предварительные трансляционные и измерительные усилители.

Часть типов усилителей предназначена, наоборот, для выделения в нагрузке определенной мощности. К ним относятся выходной каскад радиоприемника, оконечные усилители радиотрансляционных узлов, оконечные студийные усилители и оконечные усилители установок для усиления речей ораторов. Они не могут работать непосредственно от напряжения, развиваемого многими источниками электрических колебаний звуковой частоты, и требуют подачи на вход напряжения от предварительного усилителя. Поэтому все предварительные усилители являются усилителями напряжения.

Рассмотрим процесс усиления электрических колебаний с помощью триода.

СХЕМА УСИЛИТЕЛЬНОГО КАСКАДА. Простейшая схема усилителя с одной лампой показана на рис. 1. Такой усилитель называется каскадом усиления. Основными частями усилительного каскада являются: лампа *Л*, источники питания $Б_н$ и $Б_а$ и нагрузочное анодное сопротивление R_a, включенное последовательно в анодную цепь.

Источник того переменного напряжения $U_{вх}$, которое нужно усилить, присоединяется к управляющей сетке и катоду лампы. Поэтому

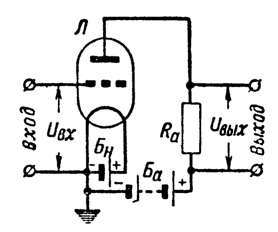


Рис. 1. Схема усилительного каскада.

[1] По разным источникам.

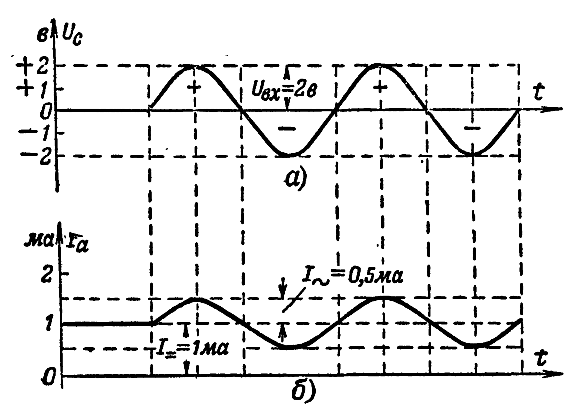


Рис. 2. График напряжения на сетке (*а*) и анодного тока (*б*) в усилительном каскаде.

управляющую сетку и катод называют входом усилительного каскада.

Переменное напряжение, поступающее на управляющую сетку, вызывает пульсации анодного тока. Объясняется это тем, что за время действия положительного полупериода напряжения на управляющей сетке анодный ток лампы увеличивается, а за время отрицательного полупериода—уменьшается, как показано на рис. 2. Пульсирующий анодный ток содержит постоянную и переменную составляющие. Проходя через нагрузочное сопротивление R_a, анодный ток создает на нем пульсирующее падение напряжения, которое также имеет постоянную и переменную составляющие. Если нагрузочное сопротивление R_a имеет достаточно большую величину, то получающееся на нем переменное напряжение $U_{вых}$ будет значительно больше переменного напряжения $U_{вх}$, поданного на управляющую сетку, т. е. получится усиление. Зажимы сопротивления R_a называют выходом усилительного каскада.

КОЭФФИЦИЕНТ УСИЛЕНИЯ КАСКАДА. Важной величиной, характеризующей работу усилительного каскада, является коэффициент усиления каскада, обозначаемый буквой K. Этот коэффициент показывает, во сколько раз данный каскад усиливает переменное напряжение, подводимое к сетке лампы.

Для определения величины коэффициента усиления каскада нужно разделить выходное напряжение $U_{вых}$ на входное напряжение $U_{вх}$. Таким образом, можно написать:

$$K=\frac{U_{вых}}{U_{вх}}.$$

Если, например, от детектора в цепь сетки первой лампы усилителя поступает переменное напряжение низкой частоты с амплитудой 0,1 *в*, а в цепи сетки второй лампы усилителя нужно получить переменное напряжение с амплитудой 7 *в*, то коэффициент усиления первого каскада должен быть $\frac{7}{0,1}=70.$

Чем больше анодное нагрузочное сопротивление R_a, тем большее выделяется на нем напряжение $U_{вых}$ и, следовательно, тем больше коэффициент усиления каскада.

Коэффициент усиления всего усилителя K зависит от коэффициента усиления его отдельных каскадов. Если обозначить их через K_1, K_2, K_3 и т. д., то можно написать:

$$K=K_1 \cdot K_2 \cdot K_3.$$

Например, если усилитель имеет три каскада с коэффициентами усиления $K_1=20$, $K_2=20$, и $K_3=5$, то общий коэффициент усиления всего усилителя будет $K=20 \cdot 20 \cdot 5=2\,000$.

Это значит, что если на вход этого усилителя подать напряжение $U_{вх}=10$ *мв* $=0,01$ *в*, то на выходе получится усиленное напряжение $U_{вых}=2\,000 \cdot 0,01=20$ *в*.

ВЫХОДНАЯ МОЩНОСТЬ. Второй величиной, характеризующей усилитель, является выходная мощность $P_{вых}$. Это — мощность того переменного тока низкой частоты, который усилитель создает в выходной нагрузке, т. е. в тех громкоговорителях, которые включены на его выходе. В маломощных усилителях $P_{вых}$ составляет доли ватта, в усилителях средней мощности $P_{вых}$ равно единицам или десяткам ватт, а усилители большой мощности имеют выходную мощность от сотен ватт до нескольких киловатт.

Величина выходной мощности всегда указывается для усилителя, работающего в нормальных условиях, т. е. когда на его вход подается нормальное напряжение. Каждый усилитель может развивать мощность больше нормальной, но такой случай называют перегрузкой. При работе с перегрузкой увеличиваются искажения и, кроме того, повышенные напряжения в цепях последнего каскада усилителя могут привести к аварии (пробой конденсаторов или изоляции в трансформаторах, выход из строя ламп).

ДИАПАЗОН ЧАСТОТ. Усилитель обычно бывает рассчитан на усиление колебаний в определенном диапазоне частот.

В зависимости от назначения усилителя этот диапазон может быть более широким или узким. Усилители, применяющиеся только для усиления колебаний разговорной речи, имеют сравнительно узкий диапазон воспроизводимых частот, примерно $200 \div 2\,000$ *гц*, а усилители, предназначенные для художественных пере-

дач, должны усиливать возможно более широкий диапазон частот, например 50 ÷ 10 000 *гц*. Чем шире диапазон частот, нормально пропускаемых усилителем, тем натуральнее будет звучать воспроизводимая передача.

УСИЛИТЕЛЬ НИЗКОЙ ЧАСТОТЫ НА СОПРОТИВЛЕНИЯХ. Наиболее распространенной схемой усиления колебаний низкой частоты является схема усилителя на сопротивлениях, в которой нагрузочное анодное сопротивление R_a представляет собой обычное активное сопротивление.

На рис. 3 показаны схема одного каскада усилителя на сопротивлениях и способ соединения ее с управляющей сеткой лампы следующего каскада.

Ранее как раз и рассматривался принцип работы именно такого усилительного каскада (см. рис. 1).

Переменное напряжение здесь подается для усиления на управляющую сетку первой лампы $Л_1$. Это напряжение обозначено $U_{вх}$. Анодный ток первой лампы становится пульсирующим; его постоянная составляющая проходит через анодную батарею $Б_a$, а переменная составляющая — через блокировочный конденсатор $C_б$, шунтирующий эту батарею.

На нагрузочном сопротивлении R_a под действием переменной составляющей анодного тока выделяется усиленное переменное напряжение. Это напряжение для его дальнейшего усиления подают на управляющую сетку следующей лампы $Л_2$.

Таким образом, усилитель на сопротивлениях является всегда предварительным каскадом, а не оконечным. Однако нельзя подать переменное напряжение с сопротивления R_a непосредственно к сетке и катоду следующей лампы, так как тогда на сетку лампы $Л_2$ попадет положительный полюс высокого напряжения, что совершенно недопустимо. Поэтому переменное напряжение всегда подается на следующий каскад усилителя через сеточный конденсатор C_c, называемый обычно *переходным* или *разделительным конденсатором*. Он изолирует сетку лампы $Л_2$ от высокого постоянного напряжения анодной батареи, но свободно пропускает переменное напряжение.

Вместе с таким сеточным конденсатором обязательно включается еще и сеточное сопротивление R_c, называемое *сопротивлением утечки сетки*. Без этого сопротивления лампа не может нормально работать. Объясняется это тем, что в течение действия на сетку каждого положительного полупериода напряжения она заряжается положительно и поэтому притягивает к себе некоторое количество электронов,

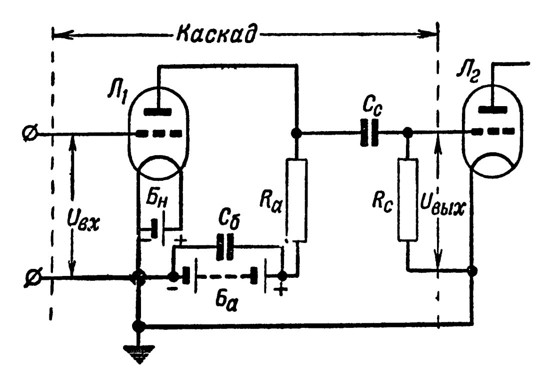


Рис. 3. Усилитель низкой частоты на сопротивлениях.

летящих через нее к аноду. Для этих осевших на сетке электронов надо создать свободный путь к катоду лампы. В противном случае через небольшой промежуток времени отрицательный заряд на сетке лампы возрастет настолько, что лампа «запрется», т. е. перестанет работать. Сопротивление R_c утечки сетки и служит тем путем, по которому электроны стекают обратно к катоду лампы.

Лампа может запереться даже и в том случае, когда на управляющую ее сетку не поступает переменное напряжение, так как и тогда некоторая часть электронов, летящих к аноду, будет оседать на сетке и не сможет возвращаться к катоду лампы. При наличии же сеточного сопротивления R_c электроны свободно «стекают» по нему обратно к катоду, образуя в цепи сетки лампы $Л_2$ сеточный ток.

Таким образом, переменное напряжение с анодного (верхнего на рис. 3) конца сопротивления R_a подается на сетку лампы $Л_2$ через конденсатор C_c, а с другого (нижнего) конца этого сопротивления к катоду этой лампы через блокировочный конденсатор $C_б$. Это переменное напряжение, подводимое к управляющей сетке второй лампы, является выходным напряжением первой ступени $U_{вых}$.

Детали C_c и R_c при рассмотрении работы усилительного каскада принято считать входящими в состав анодного нагрузочного сопротивления этого каскада (дополнительно к R_a).

ЧАСТОТНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА УСИЛИТЕЛЯ. Всякий усилитель низкой частоты предназначен для усиления колебаний не какой-нибудь одной определенной частоты, а всех частот, лежащих в пределах диапазона звуковых колебаний. Поэтому, изучая качества усилителя, необходимо не только определить, какое усиление он может дать при определенной частоте, но и выяснить также, как зависит величина этого усиления от частоты усиливаемых колебаний.

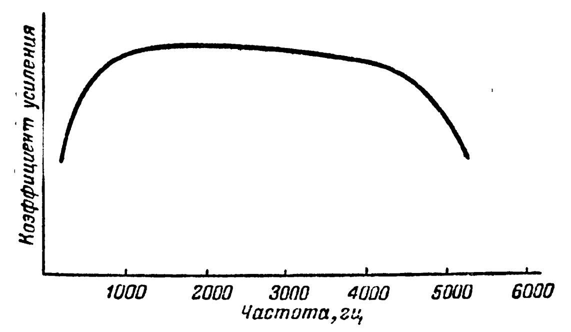


Рис. 4. Частотная характеристика усилителя.

Если подводить к усилителю напряжения вполне определенной амплитуды, но разной частоты и одновременно измерять те напряжения, которые дает усилитель на выходе, то можно определить коэффициент усиления, даваемый данным усилителем при той или другой частоте усиливаемых колебаний. Результаты этих измерений можно изобразить графически, откладывая по горизонтальной оси частоты усиливаемых колебаний, а по вертикальной — усиление, даваемое усилителем на этих частотах. В результате получим так называемую *частотную характеристику усилителя*, по которой можно судить о равномерности усиления при разных частотах. Примерная частотная характеристика усилителя низкой частоты приведена на рис. 4.

От усилителя, предназначенного для усиления целой полосы частот, требуется, чтобы он примерно одинаково усиливал колебания всех частот, лежащих в этой полосе. Это значит, что частотная характеристика хорошего усилителя должна иметь вид прямой или почти прямой горизонтальной линии. В противном случае усилитель будет работать неудовлетворительно. Непрямолинейность частотной характеристики свидетельствует о том, что звуки разной частоты усиливаются неравномерно, т. е. что усилитель искажает передачу. Искажения, получающиеся из-за неравномерности усиления на разных частотах, носят название *частотных искажений*. Следовательно, усилитель низкой частоты с непрямолинейной частотной характеристикой вносит в передачу частотные искажения.

Конечно, нельзя построить усилитель, который обладал бы абсолютно прямолинейной частотной характеристикой, так как влияние паразитных емкостей между отдельными элементами схемы сказывается тем сильнее, чем больше частота усиливаемых колебаний. Если считать, что величина этих паразитных емкостей составляет несколько десятков пикофарад, то эти емкости будут представлять для средних частот звукового диапазона сравнительно большие сопротивления, порядка нескольких миллионов ом и, следовательно, они не будут сколько-нибудь заметно понижать коэффициент усиления. Однако для наиболее высоких частот звукового диапазона сопротивление этих паразитных емкостей понижается уже до сотен тысяч ом и, следовательно, может оказаться одного порядка со значением сопротивлений, применяемых обычно в анодных цепях усилителя. Поэтому усилитель низкой частоты на сопротивлениях в области высоких частот имеет спадающую частотную характеристику («завал» на высоких частотах).

С другой стороны, при усилении самых низких частот звукового диапазона начинает заметно сказываться влияние сопротивления переходной емкости, которое становится сравнительно большим для таких низких частот. Поэтому на очень низких частотах усилитель на сопротивлениях дает тоже малое усиление («завал» на низких частотах).

Итак, наиболее высокие и низкие частоты звукового диапазона будут усиливаться сравнительно мало, в средней же части звукового диапазона колебания всех частот будут усиливаться примерно в одинаковой степени.

Устранение частотных искажений, которые возникают вследствие неравномерного усиления колебаний различных частот, достигается в усилителе низкой частоты на сопротивлениях простыми средствами — правильным выбором электрических величин деталей схемы и рациональным ее выполнением. Во всех же других типах усилителей низкой частоты достигнуть совершенно равномерного усиления всех частот чрезвычайно трудно. Поэтому по сравнению со всеми другими видами усилителей усилитель низкой частоты на сопротивлениях по праву может считаться «неискажающим усилителем». В этом заключается основное достоинство усилителя на сопротивлениях. Но такой усилитель обладает и весьма существенным недостатком: он обладает небольшим усилением. Коэффициент усиления усилителя низкой частоты на сопротивлениях всегда меньше произведения коэффициентов усиления всех примененных в нем ламп. Между тем, усилитель на трансформаторах может иметь коэффициент усиления, превышающий коэффициент усиления применяемой лампы.

ТРАНСФОРМАТОРНЫЙ УСИЛИТЕЛЬ. Схема трансформаторного усилителя показана на рис. 5. Первичная обмотка *I* трансформатора низкой частоты *Тр* включена в анодную цепь лампы *Л* в качестве нагрузочного сопротивления, а на вторичной его обмотке *II* получается усиленное переменное напряжение, ко-

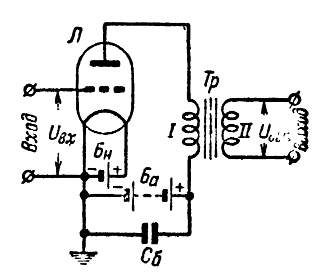


Рис. 5. Схема трансформаторного усилителя.

торое следует считать выходным напряжением данного каскада.

Если это напряжение подается на следующий каскад усиления, то трансформатор *Тр* называют *междуламповым,* так как он связывает предыдущую лампу с последующей; если же трансформаторный усилитель является оконечным каскадом, то трансформатор называют выходным и к его вторичной обмотке подключают телефон или громкоговоритель.

В усилителях применяются междуламповые трансформаторы с отношением числа витков первичной обмотки к числу витков вторичной обмотки от 1 : 1 до 1 : 4. Число витков первичной обмотки бывает равно нескольким тысячам (от 2 000 до 5 000). Первичная обмотка обладает малым сопротивлением для постоянного тока, и поэтому можно считать, что напряжение на аноде лампы равно напряжению анодной батареи.

Главным достоинством трансформаторного усилителя является высокий коэффициент усиления каскада, который может быть даже больше коэффициента усиления μ лампы, что невозможно в других типах усилителей. Это объясняется тем, что переменное напряжение повышается не только за счет усилительных свойств лампы, но и самим трансформатором, если он повышающий.

Другим преимуществом трансформаторного каскада усиления следует считать то, что в схеме отсутствует переходной конденсатор, в котором может быть утечка. Хорошая изоляция цепи управляющей сетки каждой лампы от анодной цепи предыдущей лампы обеспечивается тем, что обмотки трансформатора надежно изолированы друг от друга.

Междуламповый трансформатор с коэффициентом трансформации 1 : 1, не дающий повышения напряжения, иногда применяется только для того, чтобы передать переменное напряжение к следующему каскаду и предохранить последний от постоянного напряжения.

Недостатком трансформаторного усилителя является то, что он создает большие искажения, чем усилитель на сопротивлениях.

ВЫХОДНОЙ КАСКАД[1]

Каскады предварительного усиления всегда работают на следующий каскад. Создаваемые ими напряжения подаются на сетку следующей лампы для управления ее анодным током. Для этого нужны достаточно большие напряжения, но не требуется сколько-нибудь значительной мощности. Поэтому задача предварительных каскадов заключается в усилении напряжения, т. е. в том, чтобы на выходе усилителя получить возможно большее напряжение. Для этого в анодных цепях применяют сопротивления (активные или индуктивные), величина которых по крайней мере в несколько раз превосходит внутреннее сопротивление для триодов.

Однако не всегда задача усилителя сводится к тому, чтобы получить на выходе максимальное напряжение. В том случае, когда лампа является оконечной и в ее анодную цепь включен телефон или громкоговоритель, задача усилителя оказывается несколько иной. Он должен выделить во внешней цепи (например, громкоговорителе) не наибольшие напряжения, а наибольшую мощность, так как громкость звука зависит, в конечном счете, от той мощности, которая подводится к громкоговорителю.

Подробное рассмотрение этого вопроса показывает, что наибольшая мощность, которая может быть получена при достаточно малых искажениях, так называемая неискаженная мощность, выделится во внешней цепи совсем при иных условиях, а именно, когда сопротивление внешней нагрузки переменному току есть величина такого же порядка, как внутреннее сопротивление лампы.

Таким образом, телефон или громкоговоритель должен обладать достаточно большим сопротивлением. Обмотка электромагнита громкоговорителя или телефона должна иметь большое число витков,— громкоговоритель или телефон должны быть «высокоомными».

В «низкоомном» телефоне или громкоговорителе, имеющем мало витков в обмотке электромагнита и включенном непосредственно в анодную цепь лампы, будет выделяться очень незначительная мощность (вследствие несоответствия друг другу сопротивлений громкоговорителя и лампы), и громкоговоритель будет работать плохо. Такие низкоомные громкогово-

[1] С. Кин, Азбука радиотехники, Госэнергоиздат, 1949.

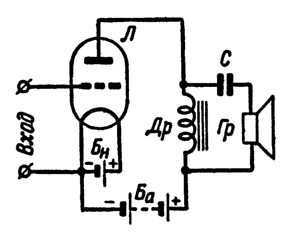


Рис. 1. Дроссельный выход приемника.

рители следует включать в анодную цепь оконечной лампы не непосредственно, а через выходной трансформатор, имеющий большое число витков в первичной обмотке и малое во вторичной. Такой трансформатор является для оконечной лампы подходящей нагрузкой, так как со стороны первичной обмотки его сопротивление достаточно велико, а вторичная обмотка с малым числом витков обладает малым внутренним сопротивлением, что как раз выгодно для работы на низкоомный громкоговоритель

Все низкоомные громкоговорители независимо от их типа (электромагнитные, динамические и т. д.) должны включаться не непосредственно в анодную цепь оконечной лампы, а через понижающий выходной трансформатор. Чтобы можно было наивыгоднейшим образом подобрать внутреннее сопротивление вторичной обмотки выходного трансформатора к сопротивлению громкоговорителя (в случае применения различных типов громкоговорителей), вторичная обмотка выходного трансформатора часто делается секционированной.

Высокоомные громкоговорители хотя и можно с точки зрения выделения наибольшей энергии включать непосредственно в анодную цепь оконечной лампы, но часто это бывает нецелесообразно по другой причине. При непосредственном включении громкоговорителя в анодную цепь через обмотку громкоговорителя проходит весь постоянный анодный ток лампы, который нагревает обмотку, создает добавочное подмагничивание и т. д. Между тем для работы громкоговорителя этот постоянный анодный ток совсем не нужен, так как громкоговоритель приводится в действие только переменной составляющей анодного тока. Чтобы не перегружать громкоговоритель постоянным током, для включения высокоомных громкоговорителей иногда также пользуются выходным трансформатором, но в этом случае трансформатор имеет примерно одинаковое число витков в первичной и вторичной обмотках.

Вместо выходного трансформатора для той же цели применяется так называемый дроссельный выход (рис. 1). Обмотка громкоговорителя *Гр* включается в анодную цепь лампы через конденсатор *С*, который не пропускает в обмотку постоянной составляющей анодного тока. Чтобы создать путь для постоянной составляющей анодного тока (без чего лампа не могла бы работать), включается дроссель низкой частоты *Др*. Индуктивное сопротивление этого дросселя должно быть достаточно велико, чтобы в него не ответвлялись сколько-нибудь заметно переменные токи, питающие громкоговоритель.

Так как оконечная лампа должна выделять в анодной цепи значительную мощность, то она должна допускать высокие анодные напряжения и давать значительные анодные токи. Мощность, которая должна быть подведена от источника анодного напряжения к оконечной лампе, должна быть в 5—10 раз больше той мощности, которую нужно выделить в анодной цепи, т. е. которую потребляет громкоговоритель.

В данных об оконечных лампах помимо указаний о той мощности, которая к лампе может быть подведена, часто указывается и та неискаженная мощность, которую лампа может отдать. Эта мощность во всяком случае должна быть не меньше той, которая необходима для нормальной работы громкоговорителя.

ДВУХЛАМПОВЫЙ СЕЛЬСКИЙ ПРИЕМНИК[1]

Приемник (рис. 1) имеет две лампы и собран по схеме прямого усиления (0-V-1) с регулируемой обратной связью. Он рассчитан на плавное перекрытие длинноволнового и средневолнового радиовещательных диапазонов.

СХЕМА. Первый каскад работает как сеточный детектор с плавно регулируемой обратной связью. Антенна присоединяется к катушке через конденсатор C_1. Он уменьшает влияние антенны на настройку и повышает избирательность приемника. Настраивающийся контур состоит из катушки индуктивности L_1, разбитой на две секции, и конденсатора переменной

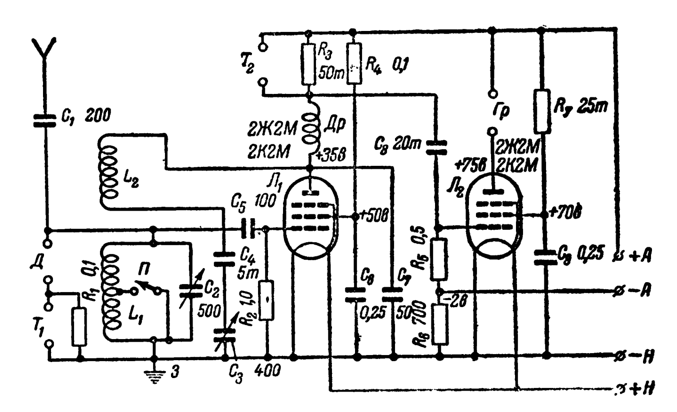


Рис. 1. Принципиальная схема приемника.

[1] Г. Марков, Простейший сельский 0-V-1, «Радио», 1949, № 4.

емкости C_2. Этот контур приемника соединяется с управляющей сеткой детекторной лампы через сеточный конденсатор C_5. Сопротивление R_2 служит утечкой сетки первой лампы. На каркасе катушки L_1 наматывается и катушка обратной связи L_2, которая одним концом присоединена к аноду детекторной лампы, а другим через разделительный конденсатор C_4 — к конденсатору переменной емкости C_3, служащему для регулировки обратной связи. В анодную цепь первой лампы поставлен дроссель высокой частоты *Др*, преграждающий доступ высокочастотным колебаниям в цепи усилителя низкой частоты. Сопротивление R_3 является нагрузочным для токов низкой частоты, а R_4 понижает напряжение, подводимое к экранной сетке. Конденсатор C_6 блокирует экранную сетку. Переключатель диапазонов *П* замыкает и размыкает одну из секций катушки L_1.

Второй каскад приемника работает как усилитель низкой частоты. Управляющая сетка этой лампы соединена с анодом первой лампы через разделительный конденсатор C_8. Сопротивление R_5 служит утечкой сетки этой лампы. Для лучшей работы этого каскада в схему введено сопротивление R_6, с которого подается отрицательное напряжение на управляющую сетку второй лампы. Сопротивление R_7 и конденсатор C_9 выполняют ту же роль, что и R_4 и C_6 в цепи экранной сетки первой лампы. Громкоговоритель или телефон включается в разрыв анодной цепи второй лампы (в гнезда *Гр*).

ДЕТАЛИ. Самодельными деталями в приемнике являются катушки L_1 и L_2, дроссель высокой частоты *Др* и переключатель диапазонов *П*.

Размеры катушек и каркаса указаны на рис. 2,*а*.

Намотка катушек производится в следующей последовательности. Первой наматывается средневолновая секция катушки L_1. Начальный виток ее закрепляется на расстоянии 5 *мм* от верхнего края каркаса. Эта секция состоит из 55 витков провода ПЭ 0,4. Она занимает на каркасе участок, равный по длине 22 *мм*.

Вторая (длинноволновая) секция катушки L_1 наматывается, отступя на 30 *мм* от конца первой секции. Она состоит из 190 витков провода ПЭЛ 0,15. Обе секции катушки L_1 наматываются в один слой, причем витки укладываются плотно друг к другу. Концы обмоток подводятся к контактам, сделанным из толстой проволоки. Они устанавливаются на нижнем крае каркаса.

Катушка обратной связи L_2 содержит 40 витков провода ПЭЛ 0,15 и наматывается в два слоя на бумажное кольцо высотой 8 *мм*. Внутренний диаметр этого кольца должен быть немного больше наружного диаметра каркаса катушки L_1, с тем чтобы кольцо можно было свободно перемещать по этому каркасу. Кольцо с катушкой L_2 располагается на каркасе в промежутке между обеими секциями катушки L_1.

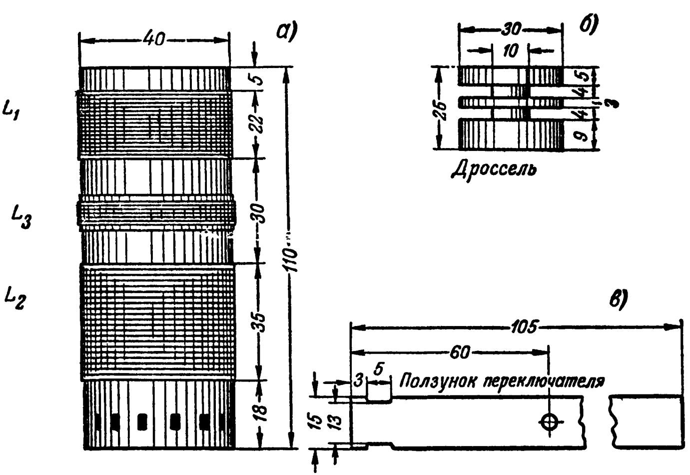


Рис. 2. Устройство катушек, дросселя и переключателя диапазонов.

Дроссель высокой частоты наматывается на деревянном каркасе диаметром 30 *мм*, в котором вырезаются две кольцевые канавки для обмотки (рис. 2,*б*). Можно применить и бумажный каркас, снабдив его тремя картонными щечками, между которыми будут намотаны секции дросселя. Обмотка ведется до заполнения секции каркаса дросселя проводом ПЭЛ 0,1.

Переключатель диапазонов *П* изготовляется из фанерной или текстолитовой полоски (рис. 2,*в*). На один конец такой полоски надевается обойма из тонкой латуни или жести, которая при передвижении переключателя в одну сторону замыкает два контакта и этим самым выключает из контура длинноволновую секцию катушки L_1. Тогда приемник оказывается переключенным на прием средних волн. При перестановке переключателя в противоположную сторону он размыкает эти контакты, в результате чего обе секции катушки соединяются последовательно, и приемник оказывается переключенным на длинноволновый диапазон.

Остальные детали приемника — готовые заводские. Их электрические данные указаны на принципиальной схеме (рис. 1).

МОНТАЖ. Приемник собирается на угловом деревянном шасси. Его размеры и порядок расположения на нем деталей показаны на монтажной схеме рис. 3. На горизонтальной панели шасси устанавливаются ламповые па-

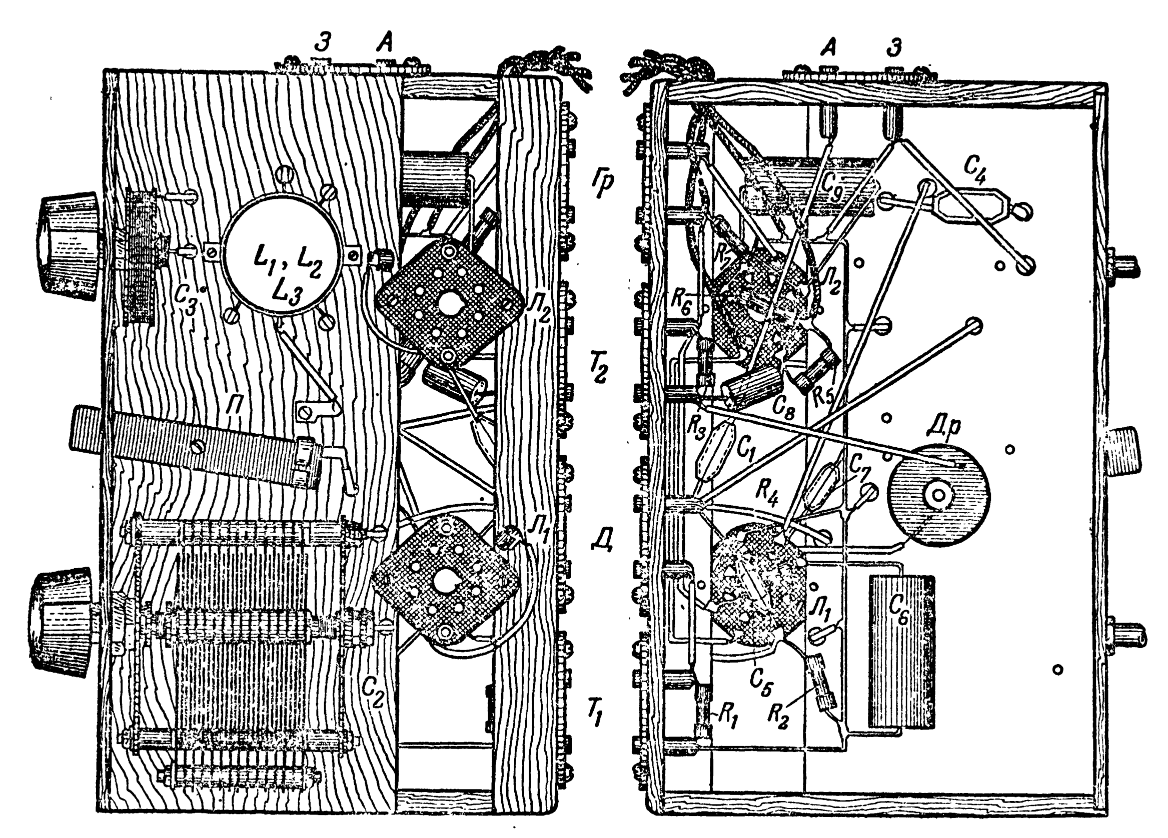


Рис. 3. Монтажная схема приемника.

нельки, контурная катушка и переключатель диапазонов *П*. Под шасси располагаются все остальные детали, за исключением конденсаторов переменной емкости C_2 и C_3. Последние крепятся на передней вертикальной панели. На задней стенке шасси расположены гнезда для детектора, телефонных трубок и громкоговорителя, а на боковой — для антенны и заземления. Шнур питания выведен через отверстие сбоку шасси. Монтаж приемника крайне несложен.

НАЛАЖИВАНИЕ. Окончив монтаж приемника, надо тщательно проверить правильность всех соединений, надежность паек. После этого можно подключить батареи, вставить в панельки лампы и приступить к налаживанию схемы.

Прежде всего определяется действие обратной связи. Если при вращении конденсатора C_3 генерация не будет возникать, то следует поменять местами концы катушки обратной связи. Наличие генерации определяется по появлению свиста при настройке на станцию. При вращении конденсатора C_3 этот свист (регенерация) в определенном месте должен срываться. Возникновение и срыв генерации должны происходить не сразу, а постепенно (плавно). Этого можно добиться подбором величины конденсатора C_7 и некоторым смещением катушки L_2 вдоль каркаса. После подбора расположения этой катушки на каркасе она слегка приклеивается к последнему сургучом или клеем.

Отрегулировав действие обратной связи, желательно измерить высокоомным вольтметром напряжение на электродах ламп. Если показания вольтметра будут примерно соответствовать величинам, указанным на принципиальной схеме, то можно будет считать, что приемник налажен удовлетворительно.

ЛАМПЫ и ПИТАНИЕ. Приемник может работать с лампами типа 2К2М или 2Ж2М, причем указанные лампы могут применяться в любых сочетаниях.

Общий анодный ток приемника при напряжении анодной батареи 75 *в* приблизительно равен 2 *ма*, а ток накала при напряжении батареи 1,4 *в* — около 80 *ма*. Одна батарея БАС-80 может служить для данного приемника до 6 мес., а батарея накала БНС МВД-500— не менее года.

Приемник может работать и при анодном напряжении, пониженном до 30—40 *в*. Громкость приема при этом, конечно, тоже понизится. Наоборот, для повышения громкости работы приемника можно увеличить анодное напря-

жение до 120 *в* и напряжение накала — до 2 *в*. В этом случае нужно включить полторы батареи БАС-80 и две МВД-500. Для регулирования напряжения накала в этом случае надо применять реостат сопротивлением 10—15 *ом*.

В целях более экономного расхода батарей в отдельных случаях можно вести прием на одну детекторную лампу. Для этого вторую лампу вынимают и в гнезда T_2 включают пьезотелефон. Если применить обычный электромагнитный телефон, то следует отключить от гнезд T_2 сопротивление R_3. Выгоднее пользоваться пьезотелефоном, так как он обладает более высокой чувствительностью. В случае включения пьезотелефона в гнезда *Гр* (при приеме дальних станций) параллельно этим гнездам надо присоединить сопротивление в 50 000 *ом*.

При желании приемником можно пользоваться как обычным детекторным. Для этого включают в гнезда *Д* кристаллический детектор, а в гнезда T_1 — пьезотелефон. Применяя в этом случае электромагнитные наушники надо отключить от гнезда T_1 сопротивление R_1.

УХОД ЗА ПРИЕМНИКОМ. Обращение с приемником несложно. Настраивается он с помощью конденсатора переменной емкости C_2, а громкость регулируется вращением конденсатора обратной связи C_3. Величину этой связи надо подбирать так, чтобы не возникали свисты и чтобы передача принималась без искажений.

После окончания приема рекомендуется каждый раз отсоединять батареи от приемника. Удобнее всего к шнуру питания присоединить цоколь от старой лампы, а концы цепей питания подключить к ламповой панельке. Это несложное приспособление позволяет, вставляя или вынимая цоколь из ламповой панельки, быстро включать и выключать батареи и гарантирует правильное присоединение батарей к приемнику.

Для приемника желательно применять наружную антенну длиной 15—25 *м* и высотой 8—10 *м*. Местные или ближайшие мощные иногородние станции можно принимать и на комнатную антенну.

КАК РАБОТАЕТ 0-V-1 [1]

Приведенное выше описание двухлампового приемника 0-V-1 предназначено для начинающих радиолюбителей и радиокружков. В описании даны все указания для того, чтобы правильно построить радиоприемник.

Но этим нельзя ограничиться. Каждый радиолюбитель должен совершенно отчетливо представлять себе, каковы принципы работы приемника, какое назначение всех его деталей, знать цепи радиоприемника, т. е. те пути, по которым проходят различные токи.

Ниже дается довольно подробное объяснение работы приемника 0-V-1.

ВЫСОКАЯ ЧАСТОТА, НИЗКАЯ ЧАСТОТА И ПОСТОЯННЫЙ ТОК. Чтобы понять, как работает приемник, надо знать, какие в нем проходят токи. Эти токи бывают трех видов: постоянный, переменный ток высокой частоты и переменный ток низкой частоты.

Постоянный ток получается от батарей, питающих приемник, — от анодной батареи и батареи накала. Ток накала нужен для разогрева нити лампы до такой температуры, при которой из нити вылетают электроны, т. е. для получения электронной эмиссии. Анодная батарея нужна для поддержания анодного тока ламп и токов экранных сеток. От анодной батареи подается на аноды и экранные сетки ламп положительное напряжение. Когда на аноды и экранные сетки ламп подано положительное напряжение, то вылетевшие из нити электроны притягиваются к этим электродам и создают анодные токи и токи экранных сеток.

Переменные токи высокой частоты поступают в приемник из антенны, где они возбуждаются радиоволнами принимаемой станции. Описанный приемник 0-V-1 предназначен для приема станций, работающих на волнах от 2 000 до 200 *м*, что соответствует частотам от 150 до 1 500 *кгц*.

Переменные токи низкой или звуковой частоты получаются в приемнике в результате детектирования модулированных высокочастотных токов. Звуковые частоты, применяемые в радиовещании, лежат в пределах примерно от 50—80 и до 5 000—6 000 *гц*.

Детали, из которых собран приемник, и соединительные провода между ними называют цепями приемника. В зависимости от того, какой вид тока течет по цепям, различают высокочастотные цепи, низкочастотные цепи и цепи постоянного тока.

ДЕТАЛИ. Чтобы разобраться в работе приемника, надо знать, как ведут себя те или иные детали по отношению к разным видам токов.

Все детали приемника относятся к одной из трех групп: к индуктивностям, емкостям и активным сопротивлениям. К первой из групп в данном приемнике принадлежат контурные катушки, дроссель, обмотки электромагнитных телефонов или громкоговорителя; к второй группе относятся конденсаторы всех типов как переменные, так и постоянные; к третьей — все сопротивления проволочные и непроволочные. Строго говоря, такое разделение деталей по

[1] «Радио», 1949, № 4.

группам не всегда может быть произведено совершенно четко, так как, например, индуктивности в некоторых случаях могут обладать в известной степени свойствами емкостей, но для нашего рассмотрения такие отступления от общего правила не имеют значения.

Детали всех видов оказывают токам определенное сопротивление. На преодоление этого сопротивления затрачивается часть действующего напряжения. В таких случаях говорят, что в данной детали происходит падение напряжения. Чем больше сопротивление детали, тем большая доля напряжения затрачивается на его преодоление, т. е. тем больше падение напряжения в этой детали.

Одинаково ведут себя по отношению к токам различных видов активные сопротивления. Величина их сопротивления для всех токов одинакова. Если взять, например, сопротивление в 20 000 *ом*, то величина его останется одинаковой для токов всех видов. Следовательно, и величина падения напряжения в активном сопротивлении не зависит от вида тока.

Иначе ведут себя катушки индуктивности. Они пропускают через себя токи всех видов, но оказывают им неодинаковое сопротивление. Постоянному току они оказывают самое малое сопротивление, оно равно их активному сопротивлению, т. е. сопротивлению того провода, из которого выполнена катушка. Это сопротивление обыкновенно бывает настолько малым, что можно часто не принимать его во внимание и считать, что катушка не представляет для постоянного тока никакого сопротивления.

Для переменных токов высокой и низкой частоты катушка представляет кроме активного еще некоторое дополнительное индуктивное сопротивление, величина которого тем больше, чем выше частота тока. Величину индуктивного сопротивления X_L в омах можно вычислить по формуле

$$X_L = \omega L = 2\pi f L,$$

где $\pi = 3{,}14$;

f — частота тока в герцах;

L — величина индуктивности в генри.

Советуем радиолюбителю подставить в эту формулу различные величины частоты и убедиться в том, что одна и та же катушка, не представляя постоянному току почти никакого сопротивления, может для низких звуковых частот являться сопротивлением в тысячи ом, а для высоких частот — в миллионы ом. Следовательно, постоянный ток пройдет через такую катушку совершенно свободно, ток низкой частоты пройдет с некоторым затруднением, а ток высокой частоты практически совсем не пройдет, так как для него это сопротивление слишком велико.

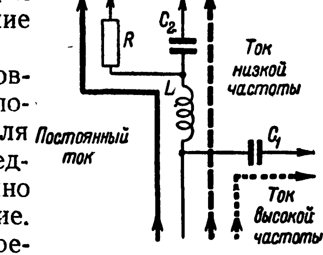


Рис. 1. Разделение токов, текущих в общей цепи.

Конденсаторы совсем не пропускают постоянный ток, они для постоянного тока представляют бесконечно большое сопротивление. По отношению к переменному току конденсаторы ведут себя, как сопротивления, величина которых тем больше, чем меньше частота тока, т. е. зависимость величины сопротивления от частоты обратная, чем у индуктивностей.

Вычислить величину емкостного сопротивления X_C для переменного тока можно по формуле

$$X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi f C},$$

где C — величина емкости в фарадах, а остальные величины те же, что и в предыдущей формуле.

Подставив в эту формулу различные данные, радиолюбитель легко убедится в том, что конденсатор представляет собой для постоянного тока непреодолимую преграду. Он является сравнительно большим сопротивлением для низкочастотных токов — тем большим, чем ниже частота, и сравнительно малым сопротивлением для высокочастотных токов — тем меньшим, чем выше частота.

Различные величины сопротивления, которые оказывают катушки, конденсаторы и активные сопротивления токам того или иного вида, позволяют производить разделение токов, проходящих в общей цепи.

Допустим, что по проводу (рис. 1) проходят одновременно постоянный ток (сплошная линия), ток низкой частоты (крупный пунктир) и ток высокой частоты (мелкий пунктир). Эти токи нам надо разделить. Ответвить высокочастотный ток легко, комбинируя конденсатор малой емкости C_1 и катушку L. Если величина индуктивности катушки достаточно велика, то высокочастотный ток «свернет» через емкость, так как сопротивление катушки для него оказывается очень большим. Постоянный и низкочастотный токи пройдут через катушку (первый из них вообще не может проходить через емкость, а второму путь через катушку представляет меньшее сопротивление, чем через конденсатор малой емкости).

Далее постоянный ток, встретив на пути конденсатор C_2, «сворачивает» в сопротивле-

ние R, а низкочастотный ток пойдет через конденсатор C_2, если его емкость достаточно велика для того, чтобы емкостное сопротивление низкочастотному току было много меньше величины сопротивления R.

Запомнив эти особенности прохождения различных токов, мы можем приступить к рассмотрению их путей прохождения в приемнике 0-V-1.

ПУТИ ПОСТОЯННОГО ТОКА. Наиболее прост путь тока накала. Ток этот идет от плюса батареи накала (в электротехнике принято считать, что ток течет от плюса к минусу, хотя электроны движутся в обратном направлении — от минуса к плюсу), проходит нити накала обеих ламп и возвращается в минус батареи накала. Никаких других путей для этого тока в схеме нет.

Путь тока анодного источника сложнее. Он идет от плюса анодной батареи (+ *А*) и далее разветвляется на несколько цепей (см. рис. 1 на стр. 178). Одна часть его проходит через сопротивление R_7. При этом часть напряжения теряется на преодоление данного сопротивления и на экранной сетке лампы $Л_2$ оказывается меньшее напряжение, чем дает анодная батарея. Часть напряжения «поглотилась» в сопротивлении R_7, которое часто и называют понижающим или поглотительным. Далее эта часть тока проходит через лампу (ток через лампу поддерживается за счет электронной эмиссии нити накала) от экранной сетки к катоду и через сопротивление R_6 возвращается к минусу анодной батареи (— *А*).

Другая часть постоянного тока анодного источника проходит через громкоговоритель *Гр* к аноду лампы $Л_2$, затем внутри лампы от ее анода к катоду и через сопротивление R_6 попадает к минусу батареи (— *А*). На преодоление сопротивления R_6 затрачивается некоторое напряжение (в даной схеме около 2 *в*), минус которого сообщается управляющей сетке лампы $Л_2$ и несколько смещает рабочую точку на характеристике лампы. Поэтому такое сопротивление часто называется «смещающим» или «сопротивлением смещения».

Третья часть тока анодного источника проходит через сопротивление R_4, в котором происходит падение напряжения, в результате чего на экранной сетке лампы $Л_1$ получается несколько пониженное напряжение. Эта часть тока возвращается к —*А* через участок экранная сетка — катод лампы $Л_1$ и через сопротивление R_6.

Следующая часть тока идет через сопротивление R_3, дроссель *Др* и лампу $Л_1$ от ее анода на катод. Если в гнезда T_2 включен электромагнитный телефон, то в него также ответвляется некоторая доля этого тока. Далее этот ток от катода через сопротивление R_6 попадает обратно в анодную батарею. Нетрудно увидеть, что все другие пути закрыты для него конденсаторами. Например, побочные пути после дросселя *Др* закрыты для него конденсаторами C_7 и C_4. Если замкнуть накоротко, например, C_7, то, естественно, ток устремится по этому пути, более легкому, чем через лампу, и лампа в результате работать не будет.

ПУТИ ВЫСОКОЧАСТОТНЫХ ТОКОВ. Цепи высокочастотных токов в приемнике показаны на рис. 2. Эти токи поступают в приемник из антенны. На своем пути они встречают конденсатор C_1, который для них не представляет серьезного препятствия. Конденсатор этот служит для устранения влияния емкости антенны на настройку контура. Если бы этого конденсатора не было, то емкость антенны присоединялась бы параллельно конденсатору контура C_2, что сильно уменьшило бы перекрытие контура. Конденсатор C_1 оказывается включенным последовательно с емкостью антенна — земля и уменьшает ее влияние.

Далее высокочастотные токи поступают в колебательный контур $Л_1C_2$. На концах этого контура при настройке его в резонанс на частоту приходящих сигналов развивается довольно большое напряжение, которое передается управляющей сетке лампы.

Под воздействием переменного высокочастотного напряжения на управляющей сетке лампы в анодной цепи появится усиленный ток высокой частоты. Этот ток не может пройти через дроссель *Др*, представляющий для него большое сопротивление. Поэтому он направится от анода частью через конденсатор C_7 и частью через катушку обратной связи L_2 и конденсаторы C_4 и C_3 к катоду лампы. Цепь обратной связи L_2, C_3 и C_4 отводит через себя такую часть высокочастотного анодного тока

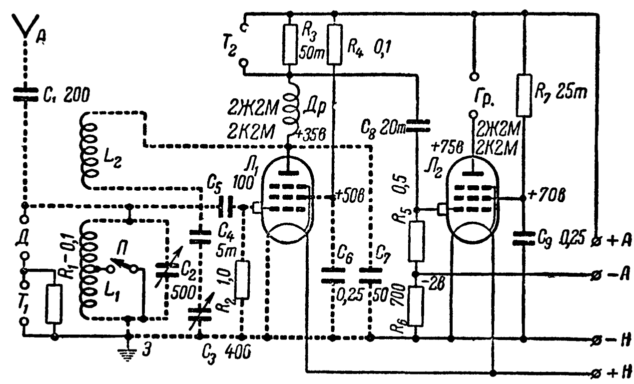


Рис. 2. Схема прохождения токов высокой частоты.

лампы $Л_1$, которая необходима для нормальной работы обратной связи.

В цепи экранной сетки лампы $Л_1$ также есть высокочастотный ток. Он направляется к катоду лампы через конденсатор C_6, сопротивление которого для этого тока несравнимо меньше, чем сопротивление R_4.

В остальные цепи приемника высокочастотные токи не проходят, пути им туда закрыты дросселем *Др* и сопротивлением R_4.

ПУТИ НИЗКОЧАСТОТНЫХ ТОКОВ. Лампа $Л_1$ не только усиливает высокочастотные переменные токи, но и детектирует их—выделяет из них токи звуковой частоты. Продетектированные токи проходят по сопротивлению утечки сетки лампы R_2 (рис. 3) и создают на нем переменное напряжение звуковой частоты. Это напряжение оказывается приложенным к сетке лампы и вызывает в ее анодной цепи появление усиленного тока звуковой частоты. Этот ток пройдет через дроссель *Др*, индуктивность которого не столь велика, чтобы составить серьезное препятствие низкочастотным токам. Затем он пройдет через нагрузочное сопротивление R_3, создаст на нем падение напряжения и через анодную батарею возвратится на катод лампы. Если в гнезда $Т_2$ включен телефон, то низкочастотный ток пройдет и через него. Побочные пути на катод через емкости C_7 и C_3 для него закрыты, так как эти емкости слишком малы.

Ток звуковой частоты образуется и в цепи экранной сетки лампы $Л_1$, но он вернется на катод через конденсатор C_6 (сопротивление R_4 значительно больше, чем емкостное сопротив ление конденсатора C_6).

Падение напряжения звуковой частоты, получающееся на сопротивлении R_3, передается через конденсатор C_8 сетке лампы $Л_2$. Вследствие появления на сетке переменного напряжения звуковой частоты в анодной цепи этой лампы возникнет усиленный ток звуковой частоты, который пройдет через громкоговоритель

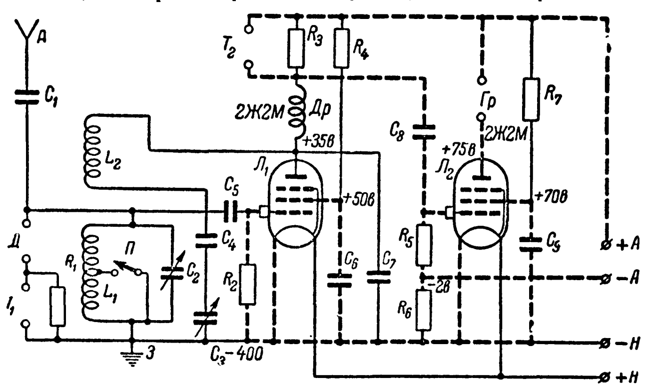


Рис. 3. Цепи токов низкой частоты.

и приведет его в действие. Далее этот ток вернется через анодную батарею на катод лампы.

Некоторый ток звуковой частоты возникнет и в цепи экранной сетки. Он пройдет на катод через конденсатор C_9, представляющий ему гораздо меньшее сопротивление, чем R_7.

Через сопротивление утечки R_5 на сетку лампы $Л_2$ подается постоянное отрицательное напряжение, получающееся на сопротивлении R_6.

Из всего сказанного ясно, что величины деталей, из которых состоит приемник (кроме деталей, входящих в колебательные контуры), можно изменять в довольно широких пределах. Во всяком случае изменение любого конденсатора или сопротивления на 20—25% допустимо во всех случаях и не скажется заметно на работе приемника.

Таковы в общих чертах принципы работы основных цепей приемника прямого усиления.

Приводимые в статье схемы могут быть увеличены и явятся полезными учебными пособиями.

Увеличивая эти схемы и тем самым превращая их в учебные плакаты, следует пути разных токов окрашивать разной краской.

КАК РАБОТАЕТ ГРОМКОГОВОРИТЕЛЬ[1]

В любой радиоустановке, будь то радиотрансляционная точка, приемник или проигрыватель граммпластинок, конечным звеном является громкоговоритель. Его назначение—преобразование электрической энергии в звуковую.

ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ГРОМКОГОВОРИТЕЛИ. Электромагнитные громкоговорители давно известны; из них больше всего распространен громкоговоритель «Рекорд». Поэтому с принципом работы электромагнитного громкоговорителя лучше всего познакомиться, рассмотрев конструкцию «Рекорда».

Схематическое устройство этого громкоговорителя показано на рис. 1. На одном полюсе постоянного магнита (на рис. 1 на южном—*Ю*) закреплена упругая стальная пластинка, называемая якорем. Якорь может совершать колебания на изгиб. Свободный конец якоря находится между двумя полюсными наконечниками, собранными из листов трансформаторной стали и укрепленными на другом полюсе постоянного магнита, который намагничивает эти полюсные наконечники. Поэтому свободный

[1] М. Жук, Как работает громкоговоритель, «Радио», 1949. № 3.

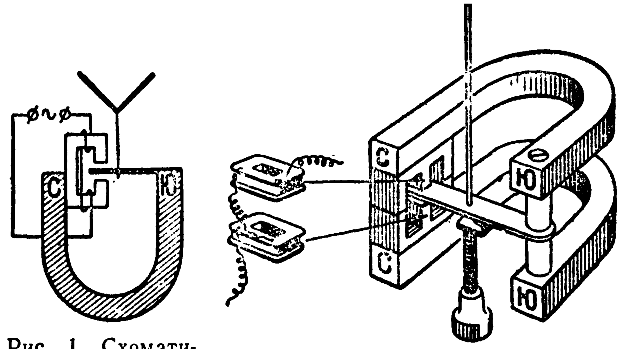


Рис. 1. Схематическое устройство электромагнитного громкоговорителя.

Рис. 2. Механизм громкоговорителя «Рекорд».

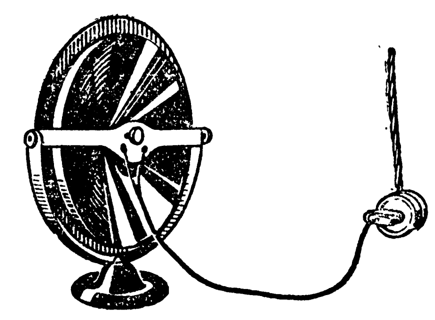


Рис. 3. Общий вид громкоговорителя «Рекорд».

конец якоря притягивается к обоим полюсным наконечникам. Однако если он находится посредине, то силы притяжения уравновешиваются.

Полюсные наконечники одновременно служат сердечником маленького электромагнита. Его обмотки соединены последовательно так, что при прохождении по ним электрического тока в полюсных наконечниках создаются противоположные друг другу добавочные намагничивания. Таким образом, если в одном наконечнике под действием тока намагничивание усиливается, то в другом оно ослабляется. При этом якорь притягивается одним наконечником сильнее, чем другим. В результате он отклоняется от среднего положения до тех пор, пока сила упругости не уравновесит силу притяжения. При перемене направления тока в обмотке электромагнита якорь отклонится в другую сторону.

Если к обмотке подвести переменный ток звуковой частоты, то якорь будет совершать колебания около своего среднего положения с частотой тока. Эти движения якоря при помощи иглы, также показанной на рис. 1, передаются вершине бумажного конуса, называемого диффузором. Последний, совершая колебания, создает в воздухе звуковые волны, которые мы воспринимаем в виде звука.

Механизм громкоговорителя «Рекорд» показан на рис. 2. Винт, упирающийся в пружину, которая укреплена на нижней стороне якоря, служит для установки последнего в середине между полюсными наконечниками.

Каждый радиослушатель, имевший дело с «Рекордом», знает, что, вращая этот винт, можно при желании значительно уменьшить громкость передачи. Уменьшение громкости происходит за счет того, что якорь сильно отклоняется от среднего положения и даже упирается в один из полюсных наконечников. При этом одновременно с уменьшением громкости заметно возрастают искажения. Поэтому никогда не следует пользоваться установочным винтом для регулировки громкости передачи.

Общий вид громкоговорителя «Рекорд» приведен на рис. 3.

Электромагнитные громкоговорители имеют сравнительно высокий к. п. д.—примерно 1,5%, но дают невысокое качество звучания. Воспроизводимая ими полоса частот лежит обычно в пределах от 250 до 3 000 *гц*, а коэффициент нелинейных искажений достигает 10—15%. Поэтому область применения электромагнитных громкоговорителей очень ограничена — они используются только в радиотрансляционных сетях и иногда в простейших батарейных приемниках.

ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКИЕ ГРОМКОГОВОРИТЕЛИ. Электродинамические громкоговорители или, как для краткости их часто называют, динамики, применяются в подавляющем большинстве радиоустановок. Это объясняется тем, что динамики отличаются хорошим качеством воспроизведения звука, а также простой и надежной конструкцией.

Работа динамика основана на взаимодействии электрического тока с магнитным полем. Если поместить проводник, по которому протекает ток, в постоянное магнитное поле, как это показано на рис. 4, то на провод будет действовать определенная сила. Ее величина F

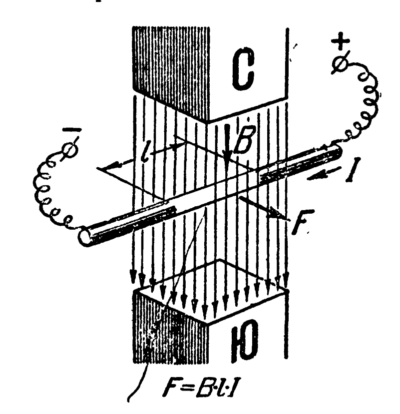


Рис. 4. Проводник с током в магнитном поле.

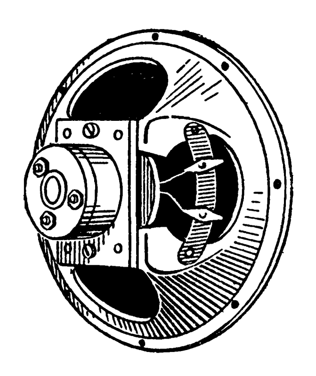


Рис. 5. Общий вид электродинамического громкоговорителя с кольцевым постоянным магнитом.

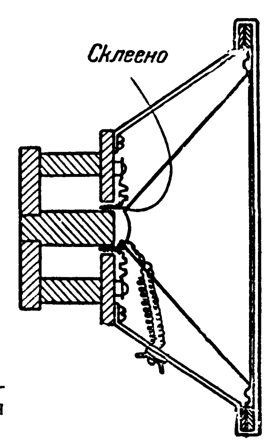


Рис. 6. Разрез электродинамического громкоговорителя с постоянным магнитом.

пропорциональна силе тока *I*, магнитной индукции *B* и длине *l* проводника, находящегося в магнитном поле. Так как в рассматриваемом случае и магнитная индукция и длина проводника постоянны, то действующая на провод сила прямо пропорциональна величине электрического тока. Кроме того, эта сила имеет определенное направление, зависящее от направления тока и направления магнитных силовых линий. При изменении направления тока сила будет действовать в обратную сторону.

Таким образом, если по проводу, помещенному в магнитное поле, протекает переменный ток звуковой частоты, то сила, действующая на провод, повторит все изменения величины и направления этого тока.

Конструктивно провод, помещаемый в магнитное поле, выполняется в виде однослойной или многослойной катушки. Ее называют обычно звуковой катушкой. Она помещается в кольцевом зазоре, в котором с помощью магнитной системы создается радиальное магнитное поле.

Существуют две системы динамиков: с постоянным магнитом и с электромагнитом. У динамиков первой системы магнитное поле в зазоре создается с помощью сильного постоянного магнита, сделанного из специального сплава. Общий вид такой системы с кольцевым магнитом показан на рис. 5, а ее разрез — на рис. 6. Кольцевой магнит изготовляется обычно из алюминиево-никелевой стали. Встречаются также магниты другой формы.

У динамиков второго типа магнитное поле в зазоре создается с помощью электромагнита. Его обмотка, имеющая большое количество витков, называется обмоткой возбуждения или катушкой подмагничивания и помещается на центральном стержне магнитной системы. На месте постоянного магнита в этом случае устанавливается скоба из мягкой стали, из которой сделаны также остальные части магнитной системы. По катушке подмагничивания пропускается постоянный ток, создающий сильное магнитное поле. Подмагничивание требует дополнительного расхода энергии.

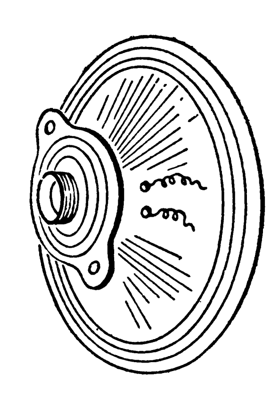


Рис. 7. Подвижная система электродинамического громкоговорителя.

Звуковая катушка динамика склеивается с вершиной бумажного диффузора, который широкой частью укреплен в держателе. Однако благодаря гибкости гофрированной части диффузора такое крепление недостаточно для того, чтобы звуковая катушка помещалась точно в середине магнитного зазора и не задевала за его стенки во время работы динамика. Поэтому, кроме диффузора, к катушке присоединяется так называемая центрирующая шайба, служащая для точной установки катушки. Она изготовляется обычно из тонкого прессшпана или текстолита или из бумаги, пропитанной специальным лаком.

Подвижная система такого динамика, состоящая из звуковой катушки, бумажной центрирующей шайбы и диффузора, показана в собранном виде на рис. 7.

Во время работы динамика по звуковой катушке протекает ток низкой частоты. Действующая при этом на катушку сила изменяет свою величину и направление, в точности повторяя изменения тока в катушке. Под действием этой силы подвижная система динамика совершает колебания, повторяющие с некоторым приближением все изменения действующей силы, а следовательно, и тока низкой частоты в катушке.

Электродинамические громкоговорители имеют меньший к. п. д., чем электромагнитные (порядка 0,5%), но зато они обеспечивают высококачественное воспроизведение звука. У хороших динамиков воспроизводимая полоса частот получается от 80 до 7 000 *гц*, а коэффициент нелинейных искажений не превышает нескольких процентов.

СУПЕРГЕТЕРОДИН [1]

В схемах приемников прямого усиления применяется только один тип преобразователя ко-

[1] По разным источникам.

лебаний — детектор, выделяющий из модулированных колебаний высокой частоты колебания низкой частоты. В соответствии с этим в таких приемниках осуществляется усиление колебаний высокой частоты (частоты принимаемой станции) и усиление колебаний низкой (звуковой) частоты.

Но возможность усиления колебаний высокой частоты ограничена сравнительно небольшими пределами (из-за опасности возникновения паразитных колебаний), особенно если частота лежит в коротковолновой части радиовещательного диапазона, а тем более в области коротких волн.

С другой стороны, единственный пригодный для высоких частот тип усилителя — это резонансный. Но необходимость перестройки всех контуров при переходе от одной станции к другой очень усложняет конструкцию усилителя и обращение с ним. Обе эти трудности могут быть устранены одним и тем же методом — преобразованием принимаемых колебаний любой частоты в колебания одной и той же фиксированной частоты. Эта частота выбирается пониженной, чтобы можно было получить достаточно большое усиление, и на нее настраивается резонансный усилитель.

Такой метод применен в супергетеродинных приемниках. Та фиксированная частота, которая получается в супергетеродине, называется обычно *промежуточной частотой.*

Способ, который применяется для преобразования колебаний любой принимаемой частоты в колебание одной промежуточной частоты, состоит в следующем.

Если взять два колебания различной частоты и сложить их, то в результате получаются сложные колебания, так называемые *биения.* Графически этот процесс сложения колебаний изображен на рис. 1. Кривые *А* и *Б* соответствуют двум гармоническим колебаниям разной частоты, а кривая *В* изображает биения, полученные в результате сложения этих двух колебаний *А* и *Б*.

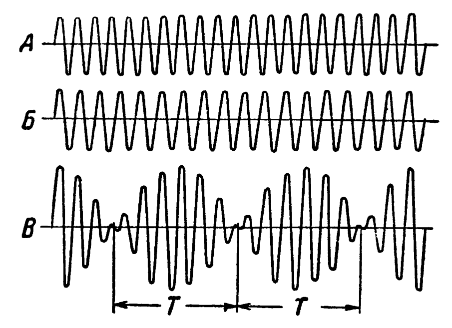


Рис. 1 При сложении двух колебаний с разными частотами амплитуда результирующего колебания периодически изменяется.

В кривой *В* легко заметить новый период — именно период биений, который на фигуре отмечен буквами *Т*. Сразу видно, что период этих биений больше, чем период каждого из слагаемых колебаний, и, следовательно, частота биений меньше, чем частота каждого из слагаемых колебаний.

Частота биений равна разности частот двух слагаемых колебаний. Чем больше разность между этими частотами, тем больше частота биений; поэтому, выбрав достаточно большую разницу между слагаемыми частотами, мы можем получить биения высокой частоты.

Так, если мы возьмем слагаемые колебания с частотами 1 000 *кгц* (волна 300 *м*) и 1 460 *кгц* (волна 205 *м*), то биения, полученные в результате сложения этих колебаний, будут иметь частоту в 460 *кгц* (1 460—1 000=460), что соответствует волне 652 *м*.

Однако полученные биения хотя и имеют уже период, соответствующий промежуточной частоте, но они не представляют собой гармонических колебаний промежуточной частоты. Чтобы получить эти колебания, нужно биения продетектировать. Так же как из модулированных колебаний при детектировании выделяются колебания с частотой модуляции, из биений при детектировании выделяются колебания разностной частоты (равной разности двух слагаемых частот). Этот метод преобразования частоты называют *методом смешения* или *методом гетеродинирования.*

Как же осуществить этот метод при приеме радиостанций?

Пусть кривая *А* (рис. 1) изображает колебания, приходящие в контур приемника от передающей станции. Создадим в нашем приемнике вспомогательные колебания высокой частоты (кривая *Б* на рис. 1) при помощи специального гетеродина и подберем частоту гетеродина так, чтобы разность частот колебаний *А* и *Б* составляла, например, 460 *кгц*. Сложим полученные колебания и пропустим их через детекторную лампу. Тогда в контуре, включенном в анодную цепь лампы и настроенном на разностную частоту, мы получим колебания этой разностной частоты 460 *кгц*.

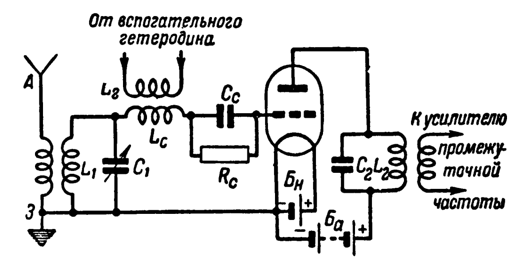


Рис. 2. Упрощенная схема преобразователя частоты супергетеродина.

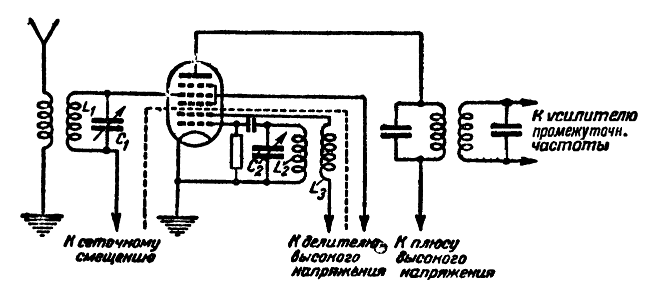


Рис. 3. Схема преобразователя частоты с гептодом.

Полученные колебания промежуточной частоты можно усилить с помощью усилителя высокой частоты, который в этом случае называется *усилителем промежуточной частоты*.

Для осуществления процесса преобразования частоты может служить схема, изображенная на рис. 2. Приходящие колебания улавливаются приемной антенной и через катушку L_1 эти колебания попадают на сетку детекторной лампы. Но предварительно в катушке L_c на них накладываются вспомогательные колебания от катушки гетеродина $L_?$. Контур L_2C_2 в анодной цепи детекторной лампы настроен на разностную частоту. Полученные в результате детектирования колебания разностной частоты направляются из этого контура для дальнейшего усиления в усилитель промежуточной частоты.

Рассмотренная упрощенная схема преобразователя частоты супергетеродина сейчас редко применяется на практике. В современных супергетеродинах возбуждение вспомогательных колебаний и детектирование биений обычно выполняет одна и та же многосеточная лампа, называемая преобразователем. В качестве преобразователя применяют пентод, гептод и триод-гептод.

Схема преобразователя частоты с гептодом приведена на рис. 3. Гептод в этой схеме смесителя представляет собой как бы две отдельные лампы, помещенные в один баллон и связанные общим электронным потоком. Первая из этих ламп служит для возбуждения колебаний и заменяет отдельный гетеродин. Во второй лампе смешиваются приходящие колебания с колебаниями гетеродина и из полученных биений выделяются колебания разностной частоты. Для наглядности эти две «отдельные лампы» разделены на схеме пунктиром.

Первые две сетки, считая от катода, служат соответственно сеткой и «анодом» гетеродина и включаются как обычный триод в схему с обратной связью. Сетка, играющая роль управляющей сетки гетеродина, присоединена к колебательному контуру гетеродина L_2C_2. Вторая сетка («анод» гетеродина) присоединена к катушке обратной связи L_3. Благодаря наличию обратной связи в лампе возникают колебания, и электронный ток, проникающий через вторую сетку, переносит эти колебания в область «второй лампы».

Приходящие сигналы подводятся к четвертой сетке.

Третья и пятая сетки лампы соединены вместе и находятся под постоянным положительным напряжением. Они играют роль экранов между «первой и второй лампами», с одной стороны, а также между управляющей сеткой и анодом «второй лампы», — с другой. Таким образом, «вторая лампа» работает как экранированная лампа.

Колебания электронного тока, созданные «первой лампой», изменяют параметры «второй лампы» и в ней происходят смешение приходящих колебаний с колебаниями гетеродина и образование колебаний разностной частоты. Контур в цепи анода, настроенный на эту частоту, выделяет из анодного тока колебания разностной частоты. Дальше эти колебания подаются на вход усилителя промежуточной частоты.

Применение специальной преобразовательной лампы не только упрощает конструкцию супергетеродина тем, что сокращает число ламп, но и устраняет ряд трудностей, которые возникают при работе схем с отдельным гетеродином.

Мы рассмотрели преобразование немодулированных приходящих колебаний; сделано это было для упрощения. При приеме модулированных колебаний, поскольку колебания гетеродина имеют постоянную амплитуду, в биениях, а также и в колебаниях промежуточной частоты получаются изменения амплитуды, которые соответствуют изменениям амплитуды приходящих колебаний, т. е. колебания промежуточной частоты промодулированы так же, как и приходящие колебания. Чтобы превратить эти модулированные колебания в звуковые, их нужно еще раз пропустить через детектор. Поэтому колебания промежуточной частоты после усиления подводятся ко второму детектору, и уже после второго детектора полученные колебания звуковой частоты направляются в телефон или в усилитель низкой частоты.

Усилитель промежуточной частоты содержит один, а иногда и два каскада резонансного усиления, обычно на настроенных трансформаторах. Как правило, настраивается не одна, а обе обмотки трансформаторов, чем достигается более выгодная в отношении избирательности форма резонансных кривых. Такие трансформаторы с обеими настроенными обмотками получили название *полосовых фильтров*.

Все фильтры при помощи «полупеременных» конденсаторов или магнетитовых сердеч-

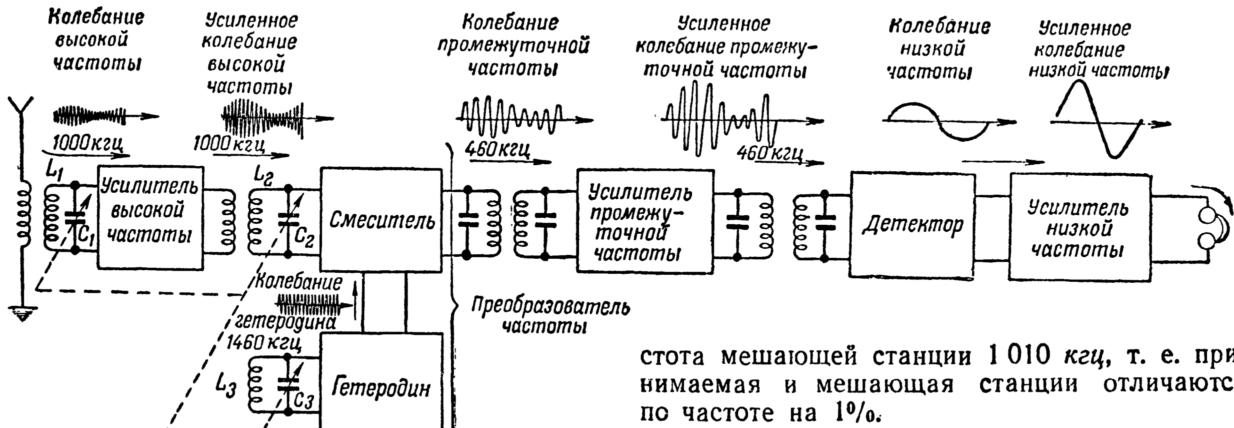


Рис 4. Развернутая скелетная схема супергетеродина.

ников раз навсегда настраиваются на промежуточную частоту, чтобы весь усилитель промежуточной частоты давал достаточное усиление и возможно большую избирательность.

Частота колебаний гетеродина может изменяться в нужных пределах, и всякий раз она подбирается так, чтобы вместе с приходящими колебаниями получалась одна и та же фиксированная промежуточная частота. Таким образом, при настройке супергетеродина частота усиливаемых колебаний «подгоняется» под постоянную настройку резонансного усилителя промежуточной частоты. В этом заключается одно из важнейших преимуществ супергетеродина, так как вместо настройки многих междуламповых контуров приходится настраивать только контур гетеродина и входной контур приемника, т. е. настройка очень упрощается.

Для того чтобы получить фиксированную промежуточную частоту при любой волне, лежащей в диапазоне приемника, очевидно, нужно, чтобы диапазон гетеродина был сдвинут по отношению к диапазону входного контура приемника на частоту, равную промежуточной частоте.

Промежуточная частота выбирается обычно около 460 *кгц*, реже 110 *кгц*, и на эту величину диапазон гетеродина должен отличаться от диапазона входного контура приемника.

Резонансное усиление промежуточной частоты само по себе обеспечивает большую чувствительность и избирательность супергетеродина, а преобразование частоты приходящих колебаний еще более повышает его избирательность, потому что близко лежащие волны принимаемой и мешающей станций после преобразования частоты «раздвигаются». Поясним на примере, как это происходит.

Пусть промежуточная частота равна 460 *кгц*, частота принимаемой станции 1 000 *кгц*, а частота мешающей станции 1 010 *кгц*, т. е. принимаемая и мешающая станции отличаются по частоте на 1%.

Чтобы получить в данном случае промежуточную частоту в 460 *кгц*, нужно настроить гетеродин на частоту в 1 460 *кгц*. Тогда мешающая станция даст колебание промежуточной частоты в 450 *кгц*, так как 1 460—1 010=450.

Теперь сигналы мешающей станции отличаются по частоте от сигналов принимаемой станции уже больше чем на 2%. Благодаря преобразованию частоты волны принимаемой и мешающей станций «разошлись», относительная расстройка увеличилась, и отстройка от мешающей станции этим облегчается.

Однако, повышая общую избирательность приемника, преобразование частоты открывает возможность проникновения сигналов мешающей станции, если эта станция работает на некоторой «опасной» частоте.

Дело в том, что одна и та же промежуточная частота получается, если частота приходящих сигналов на нужную величину *больше* или *меньше* частоты гетеродина. Поясним это на том же числовом примере, который рассмотрен выше.

Если гетеродин настроен на частоту 1 460 *кгц*, а промежуточная частота равна 460 *кгц*, то колебания нужной промежуточной частоты получаются как от станции, работающей на частоте 1 000 *кгц*, так и от станции, работающей на частоте 1 920 *кгц*. В обоих случаях разность частот составляет 460 *кгц*.

Однако при приеме станции, работающей на частоте 1 000 *кгц*, на эту же частоту настраивается входной контур приемника, и поэтому сигналы мешающей станции, работающей на частоте 1 920 *кгц*, будут значительно слабее принимаемой. Но избирательности входного контура недостаточно для того, чтобы полностью преградить путь сигналам мешающей станции к сетке первого детектора. А после преобразования мешающая станция даст ту же промежуточную частоту, что и принимаемая, и дальше сигналы ее будут также усиливаться. Словом, супергетеродин, обладая вообще боль-

шой избирательностью, по отношению к этой так называемой *зеркальной помехе* обладает низкой чувствительностью.

Чтобы устранить опасность зеркальной помехи, нужно повысить избирательность приемника еще до преобразования частоты. С этой целью в супергетеродинах применяется обычно каскад предварительного усиления высокой частоты.

Таким образом, типичная скелетная схема супергетеродина имеет вид, изображенный на рис. 4. При этом, как указывалось выше, в современных супергетеродинах обычно смеситель и вспомогательный гетеродин объединены в один преобразовательный каскад.

В супергетеродине без предварительного усиления высокой частоты при настройке на станцию необходимо настраивать два контура (входной и гетеродинный). В схеме же с предварительным усилением число настраивающихся контуров увеличивается до трех, так как прибавляется настройка контура резонансного усилителя высокой частоты. Чтобы можно было осуществлять настройку одной ручкой, применяют сдвоенные и строенные конденсаторы переменной емкости.

Благодаря тому что даже при наличии предварительного усиления в супергетеродине имеется всего лишь три контура с переменной настройкой, упрощается задача перекрытия широкого диапазона волн. Супергетеродин легко сделать «всеволновым», т. е. перекрыть не только весь радиовещательный диапазон средних волн, но и ту часть коротковолнового диапазона, которая отведена для радиовещательных станций.

Все отмеченные преимущества супергетеродина перед приемниками без преобразования частоты — приемниками прямого усиления — привели к тому, что все современные высококачественные ламповые приемники делаются по супергетеродинной схеме.

Общее усиление, которое может дать хороший супергетеродинный приемник, огромно. При напряжении на входе в несколько микровольт супергетеродин дает на выходе напряжение, достаточное для работы громкоговорителя, т. е. в несколько вольт. Таким образом, приходящие сигналы усиливаются в супергетеродине в несколько миллионов раз!

СУПЕРГЕТЕРОДИН РЛ-1 *

Приемник РЛ-1 является четырехламповым супергетеродином, рассчитанным на прием радиовещательных станций в диапазоне длинных (2 000—750 *м*), средних (550—200 *м*) и коротких (50—16 *м*) волн.

Приемник прост в обращении и дает устойчивый прием дальних станций на нормальную наружную антенну и мощных дальних станций на комнатную антенну. Питание приемника производится от сети переменного тока 127 или 220 *в*.

Изготовление приемника РЛ-1 доступно радиолюбителю средней квалификации.

СХЕМА. Принципиальная схема приемника РЛ-1 показана на рис. 1.

Первая лампа 6А8 работает преобразователем частоты. Вторая лампа 6К7 или 6К9С усиливает колебания промежуточной частоты. Третья лампа 6Г7 работает детектором и усилителем низкой частоты. Четвертая лампа 6Ф6С является выходной.

Связь настраивающихся входных контуров с антенной индуктивная. Коротковолновые катушки включены между переключателем и соответствующими электродами лампы. Вследствие этого переключатель диапазонов при приеме коротких волн оказывается присоединенным к заземленному концу катушки и не вносит в контур дополнительной емкости. В результате этого собственная начальная емкость коротковолнового контура получается небольшой и даже при агрегате конденсаторов с относительно большой начальной емкостью легко удается перекрыть диапазон от 16 до 50 *м*. На диапазонах средних и длинных волн коротковолновые катушки остаются включенными в контур.

Левый по схеме диод лампы 6Г7 служит для детектирования, а правый — используется для автоматической регулировки усиления (АРУ) с «задержкой». Задерживающее напряжение (3 *в*) получается за счет падения напряжения на сопротивлениях R_{15} и R_{16}, включенных в цепь минуса анодного питания. При такой схеме АРУ работает только при приеме станций, напряжение от которых на диоде превысит величину напряжения задержки. Начальное смещение, а также напряжение АРУ подаются на лампы 6А8 и 6К7 через фильтр R_4 C_{17}.

Триодная часть лампы 6Г7 служит для предварительного усиления низкой частоты. Смещение (—1,5 *в*) на ее сетку подается с сопротивления R_{15} через сопротивления R_{12} и R_{10}.

Для улучшения частотной характеристики усилителя низкой частоты в приемнике применяется отрицательная обратная связь, подаваемая со вторичной обмотки выходного трансформатора $Тр_3$ в цепь сетки лампы 6Г7.

В цепь отрицательной обратной связи вклю-

* Б. Н. Хитров, Всеволновый супер, «Радио», 1947, № 1.

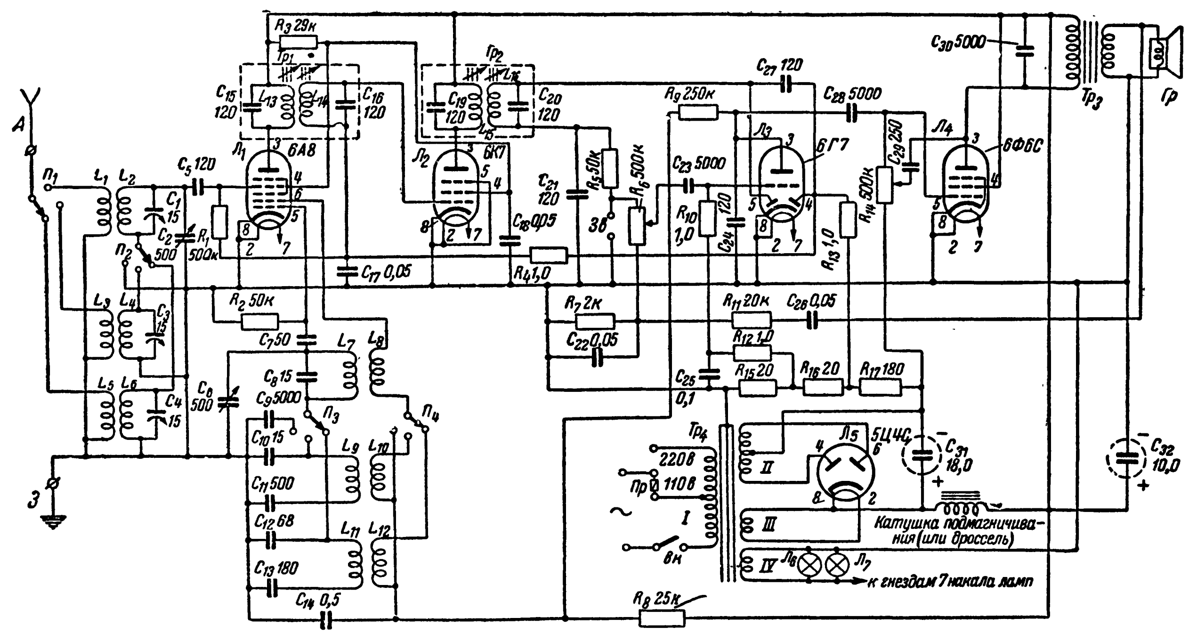


Рис. 1. Принципиальная схема приемника РЛ 1.

чены конденсаторы $C_{22}C_{26}$ и сопротивления R_7R_{11}. Емкостное сопротивление конденсатора C_{26} на низких частотах возрастает, отрицательная обратная связь уменьшается, и усиление на этих частотах возрастает. С увеличением частоты емкостное сопротивление конденсатора C_{22} падает, а сопротивление участка $C_{22}R_7$ уменьшается, что вызывает ослабление отрицательной обратной связи для этих частот и, следовательно, усиление также увеличивается. В результате получается подъем усиления на низких и высоких частотах по сравнению с усилением на средних частотах и звучание приемника приобретает приятный тембр.

Другая особенность примененной схемы отрицательной обратной связи заключается в том, что создаваемый ею подъем усиления на низких и высоких частотах при уменьшении громкости передачи возрастает, что компенсирует особенность нашего слуха хуже воспринимать колебания низких и высоких частот при уменьшении громкости.

Работа регулятора тона также основана на использовании отрицательной обратной связи, которая подается с анода лампы 6Ф6С в ее цепь сетки через конденсатор C_{29} небольшой емкости и потому действует только на высоких частотах. Величина этой обратной связи зависит от положения движка потенциометра R_{14}. Когда движок находится в крайнем верхнем положении, конденсатор C_{29} оказывается включенным непосредственно между сеткой и ано-

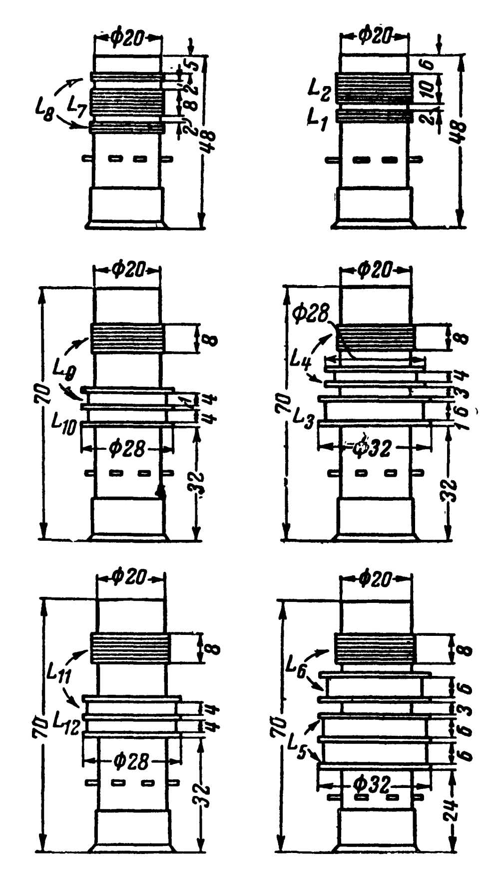


Рис. 2 Катушки приемника РЛ-1.

Катушки	L_1	L_2	L_3	L_4	L_5	L_6	L_7	L_8	L_9	L_{10}	L_{11}	L_{12}
Число витков .	10	7	250	60+20	500+50	270+40	6,75	5+5	50+15	40	110+20	60
Провод	ПЭШО 0,15	ПЭ 0,8	ПЭШО 0,15	ПЭШО 0,15	ПЭШО 0,10	ПЭШО 0,15	ПЭ 0,8	ПЭШО 0,15	ПЭШО 0,15	ПЭШО 0,15	ПЭШО 0,15	ПЭШО 0,15

дом лампы 6Ф6С и усиление на высоких частотах значительно уменьшается.

Выпрямитель приемника двухполупериодный с кенотроном 5Ц4С.

ДЕТАЛИ. Для постройки приемника необходимо приобрести следующие готовые детали: 1) блок конденсаторов переменной емкости до 500 *пф*; 2) трансформаторы промежуточной частоты на 460 *кгц*; 3) переключатель диапазонов с двумя двухсекционными платами на три положения каждая; 4) силовой трансформатор; 5) ламповые панельки; 6) два переменных сопротивления по 0,5 *Мом* (одно желательно с

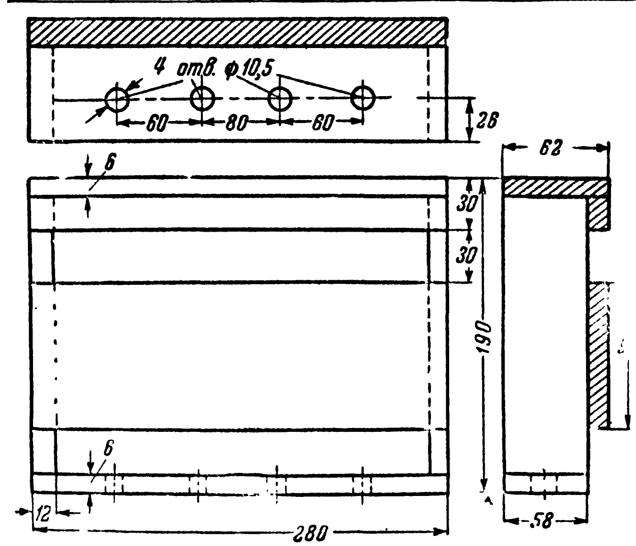


Рис. 3. Шасси приемника РЛ-1.

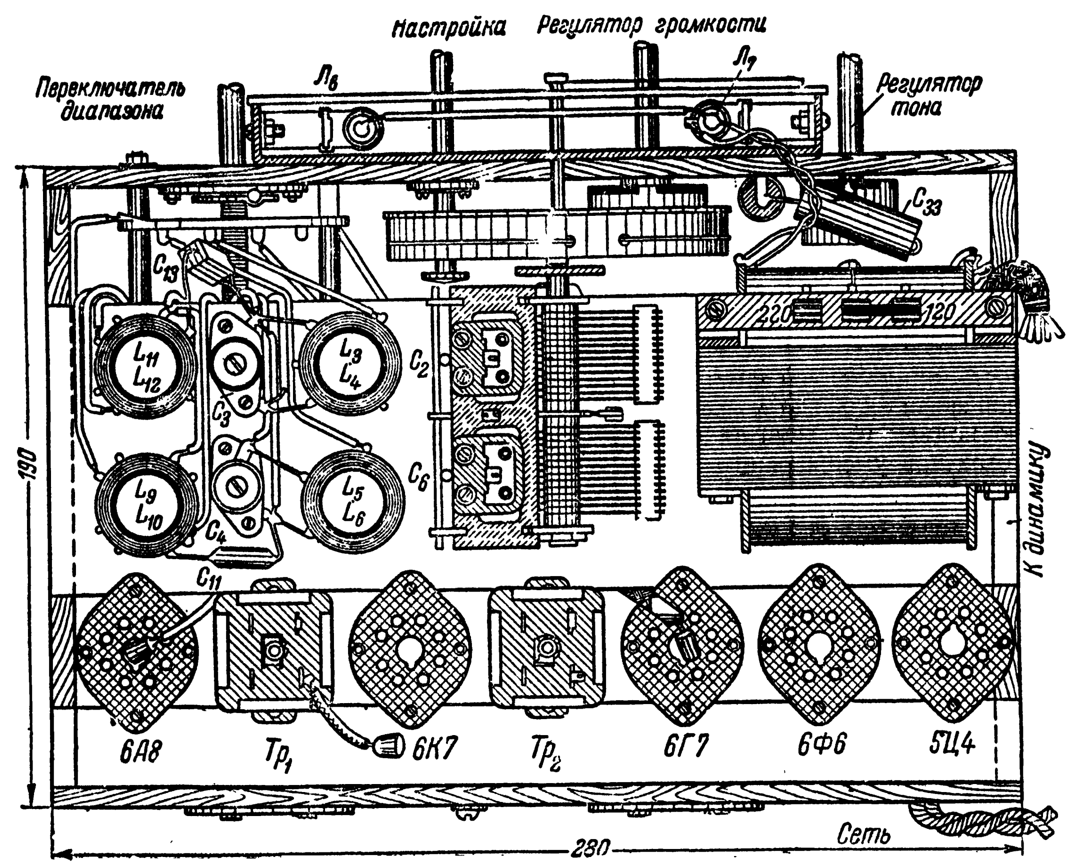


Рис. 4. Расположение деталей на панели шасси

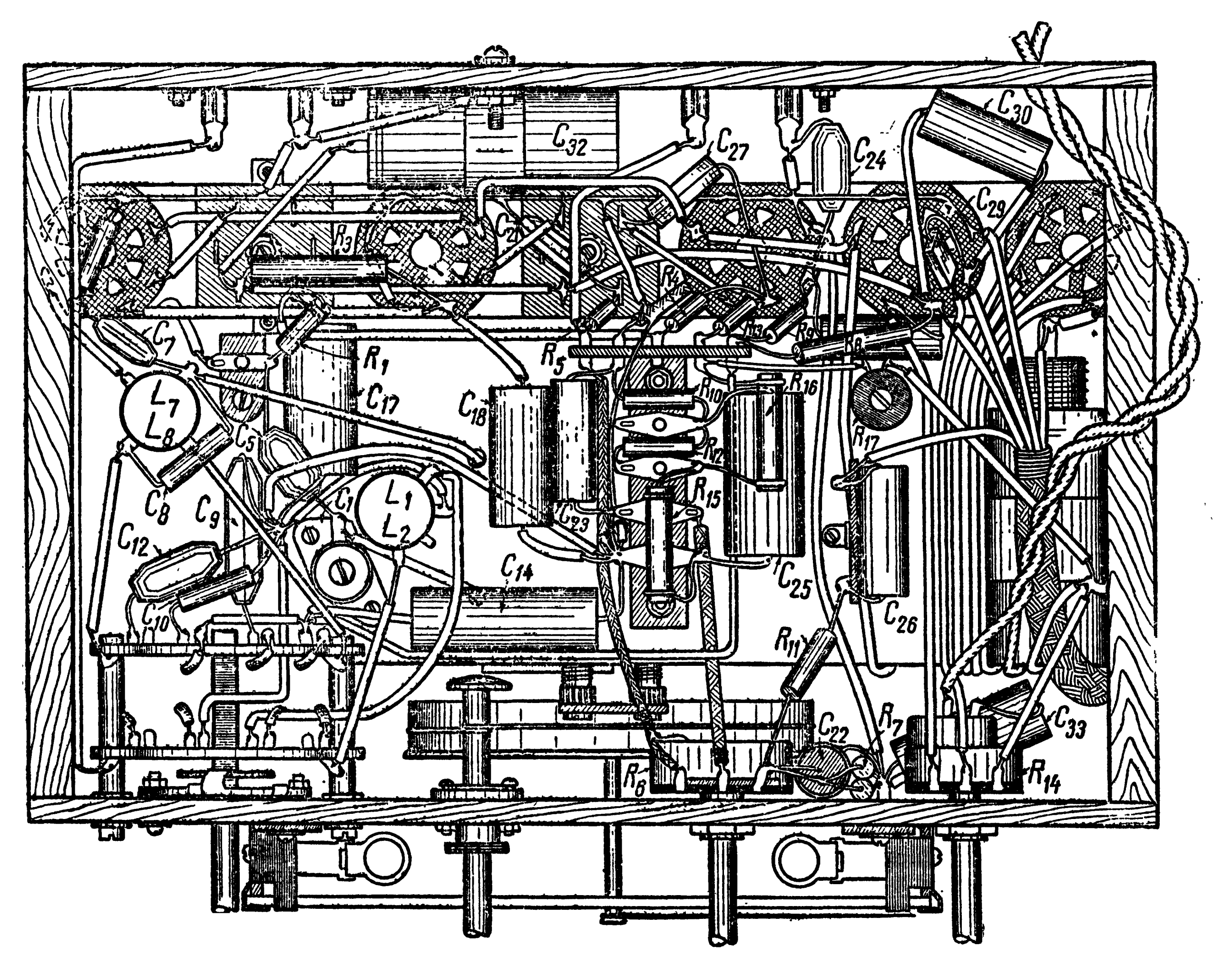


Рис. 5. Расположение деталей под панелью шасси приемника.

выключателем); 7) динамик с подмагничиванием (например, типа 2ГДП-3) и 8) набор конденсаторов и сопротивлений, указанных на схеме.

Для контуров можно использовать катушки от приемников «Салют», «Родина» и т. п.

При отсутствии подходящих контурных катушек их можно сделать, руководствуясь рис. 2 и приводимой ниже таблицей.

Все катушки приемника наматываются на бумажных гильзах диаметром 20 *мм* (от охотничьего ружья). Коротковолновые катушки однослойные, а катушки средневолновые и длинноволновые намотаны навалом между щечками.

Катушки L_4, L_6, L_9 и L_{11} имеют дополнительные секции для подстройки. Эти секции наматываются на склеенных из прессшпана кольцах диаметром 20 *мм* и шириной 8 *мм*. Обмотка на кольце катушки L_6 укладывается в два слоя, а у всех остальных в один слой.

В нижней части каркаса каждой катушки из монтажного провода делаются скобки, которые служат для присоединения выводов от катушек и соединения их со схемой.

Экранов и магнетитовых сердечников катушки не имеют.

МОНТАЖ. Все детали монтируются на металлическом или деревянном шасси (рис. 3). Динамический громкоговоритель укрепляется непосредственно в ящике.

Расположение деталей приемника на шасси и монтажная схема приведены на рис. 4 и 5.

Коротковолновые катушки располагаются под шасси, причем катушка гетеродинного контура располагается ближе к лампе 6А8. Все остальные катушки находятся сверху. Ближе к блоку конденсаторов расположены антенные катушки.

Общий вид собранного приемника РЛ-1 (без ящика) показан на рис. 6.

Налаживание приемника РЛ-1 производится в соответствии с указаниями в гл. 11.

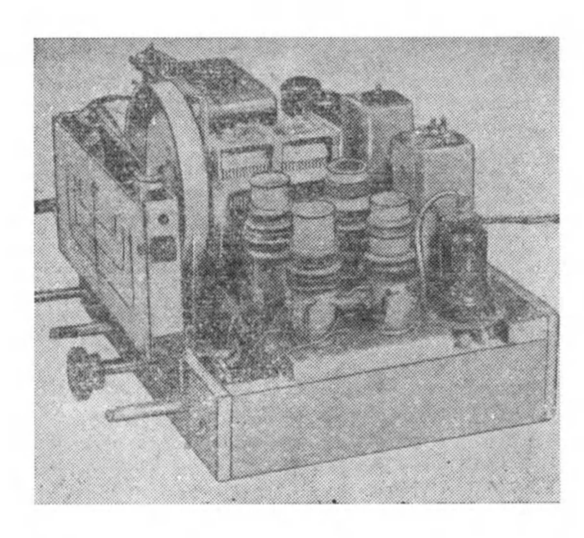


Рис 6 Общий вид собранного приемника.

От составителя

Приемник РЛ-1 весьма популярен среди радиолюбителей. Он прост, не требует для своего изготовления дефицитных материалов и в то же время дает уверенный прием многих радиовещательных станций при хорошем качестве звучания.

Монтировать приемник желательно на металлическом шасси, так как при монтаже на деревянном шасси приемник имеет склонность к самовозбуждению.

Радиолюбители, которые сделают этот приемник и получат некоторый опыт в конструировании супергетеродинов, могут затем приступить к его модернизации (добавление каскада усиления высокой частоты и оптического указателя настройки, повышение коэффициента усиления низкочастотной части приемника и т. д.) или перейти к постройке более сложных приемников на пальчиковых лампах.

ПРИЕМНИК НА ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ТРИОДАХ [1]

Ниже приводится описание простого приемника прямого усиления, который может быть рекомендован любителю в качестве первой конструкции на полупроводниковых триодах.

В процессе постройки и налаживания такого приемника можно будет познакомиться с особенностями работы полупроводниковых триодов в усилителях высокой и низкой частоты, освоить подбор наивыгоднейших режимов триодов, оптимальной связи триодов с контурами и т. д. Все это позволит радиолюбителю «привыкнуть» к триодам и в дальнейшем сознательно подходить к постройке более сложных конструкций.

Приемник, собранный по схеме 1-V-3 с использованием шести полупроводниковых триодов, работает в диапазоне средних (530—1 350 *кгц*) и длинных (150—330 *кгц*) волн. Чувствительность приемника 1 000 *мкв* при выходной мощности 0,15 *вт*. Усилитель НЧ приемника может быть использован для воспроизведения грамзаписи с помощью электромагнитного звукоснимателя, а также для работы с магнитофонными приставками.

Питание приемника осуществляется от батареи с напряжением 9 *в*, что выгодно отличает его от описанных ранее любительских конструкций. Приемник весьма экономично расходует энергию батарей, потребляя при отсутствии сигнала («режим молчания») ток около 6 *ма*. В случае отдачи наибольшей выходной мощности приемник потребляет от батареи ток 20—25 *ма*.

Двух последовательно соединенных батарей хватает для работы приемника в течение 2 месяцев, в среднем по 5—6 часов в день. Использование такого приемника весьма целесообразно для радиофикации колхозного села.

СХЕМА. Принципиальная схема приемника изображена на рис. 1 С входной цепи, в которой применена емкостная связь с антенной, сигнал подается на первый каскад приемника — усилитель ВЧ, выполненный на триоде $КП_1$ по схеме с заземленным эмитером.

Использование трансформаторной связи входного контура (L_1 L_2 C_2) с первым триодом $КП_1$ облегчает согласование между ними. С катушки связи L_3, L_4 сигнал подается на основание триода, которое соединено с «минусом» источника питания через сопротивление R_1. Для стабилизации режима работы триода по постоянному току в цепи эмитера включено сопротивление R_2, благодаря которому каскад оказывается охваченным отрицательной обратной связью. Это сопротивление зашунтировано конденсатором C_6, через который замыкается переменная составляющая тока триода. Аналогичную задачу в остальных триодах, включенных по схеме с заземленным эмитером ($КП_3$ и $КП_4$), выполняют сопротивления R_9, R_{19} и конденсаторы C_{14}, C_{16}.

В цепь коллектора усилителя ВЧ ($КП_1$) включен контур C_8, L_5, L_6 на котором выделяется усиленный сигнал. С этого контура с помощью катушек связи L_7, L_8 усиленный сигнал подается на основание триода $КП_2$, который используется в качестве детектора. Одновременно с делителя R_3, R_4 на основание подается небольшое отрицательное напряжение (—0,075 *в*), которое необходимо для смещения

[1] Н. Горюнов. «Радио», 1957, № 2.

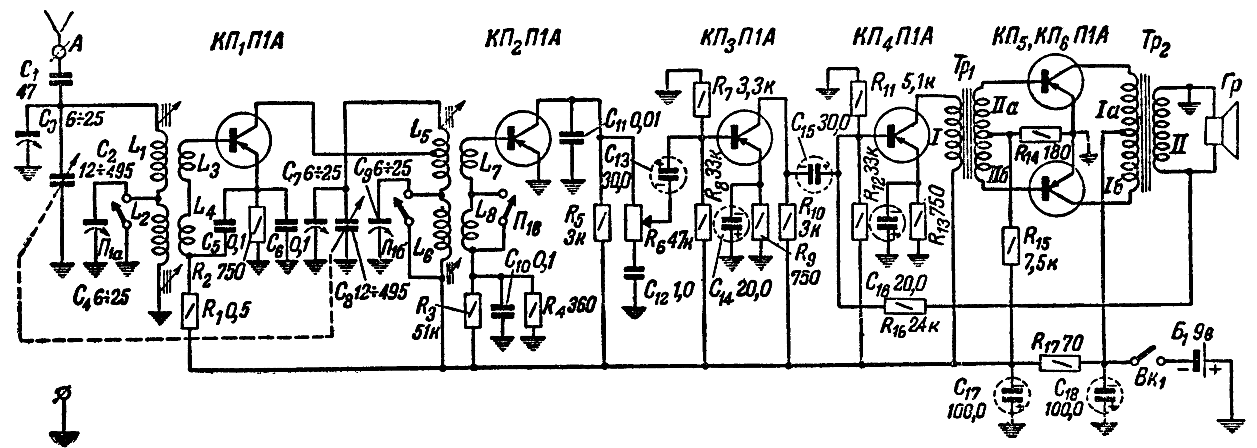


Рис. 1. Принципиальная схема приемника.

рабочей точки в нужную область характеристики (рис. 5).

Детектор, выполненный по схеме с заземленным эмитером, по принципу действия аналогичен анодному детектору, собранному на электронной лампе. Напряжение низкой частоты выделяется на нагрузке детектора (сопротивление R_5).

Настройка обоих колебательных контуров приемника осуществляется с помощью стандартного блока конденсаторов переменной емкости C_2 и C_3. К сожалению, с помощью этого блока не удалось получить полного перекрытия СВ и ДВ диапазонов. Это связано с тем, что начальная емкость контуров оказывается чрезмерно большой из-за входящих в них междуэлектродных емкостей триода $КП_1$.

Переход с одного диапазона на другой осуществляется с помощью переключателя, который замыкает не используемые на СВ диапазоне катушки L_2 и L_6 и катушку связи L_8. Катушка L_4 не замыкается, так как она состоит всего из нескольких витков и на работу входной цепи в СВ диапазоне практически не влияет.

В усилитель НЧ приемника входят два каскада предварительного усиления $КП_3$ и $КП_4$ и двухтактный усилитель мощности $КП_5$ и $КП_6$. На основании первого каскада усилителя $КП_3$ сигнал поступает с сопротивления R_6 (регулятор громкости), которое вместе с C_{12} образует цепь, компенсирующую кажущееся ослабление низших частот при малых уровнях громкости.

Нагрузкой $КП_3$ является сопротивление R_{10}, включенное в цепь коллектора. С этого сопротивления сигнал подается через C_{15} на основание триода $КП_4$, нагруженного на согласующий трансформатор $Тр_1$. Со вторичной обмотки $Тр_1$ напряжение подается на основания триодов $КП_5$ и $КП_6$, работающих в классе В. Для уменьшения нелинейных искажений через эти триоды пропускают небольшой начальный ток (0,5—2,0 *ма*). С этой же целью со вторичной обмотки выходного трансформатора $Тр_2$ на основание триода $КП_4$ через сопротивление R_{16} подается напряжение отрицательной обратной связи. Для того чтобы устранить возможность самовозбуждения приемника на очень низких частотах (единицы герц), питание цепей коллекторов триодов $КП_1$, $КП_2$, $КП_3$ и $КП_4$ осуществляется через фильтр из R_{17}, C_{17}, C_{18}.

КОНСТРУКЦИЯ И ДЕТАЛИ. Приемник может быть выполнен на триодах типа П1 (П1А, П1Б и т. д.). Однако наилучшие результаты получаются, если в качестве $КП_1$, $КП_2$ использовать П1Е (или П1Ж), $КП_3$ — П1Д, $КП_4$, $КП_5$, $КП_6$ — П1А. Триоды укрепляются на панелях с помощью монтажных лепестков из белой жести (рис. 2).

Конструктивно приемник выполняется в виде двух блоков (высокочастотного и низкочастотного), которые смонтированы на двух отдельных гетинаксовых панелях. Эти панели крепятся к передней стенке ящика, роль которой играет отражательная доска громкоговорителя. На этой же стенке с помощью жестяной скобы укрепляются две батареи КБСЛ-0,5 (э.-д.-с. 4, 6 *в*). Ручка настройки приемника

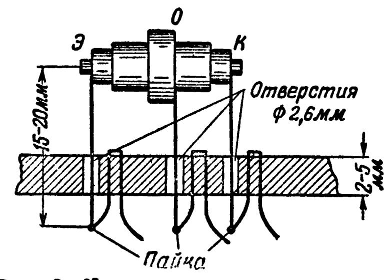


Рис. 2. Крепление триода на панели.

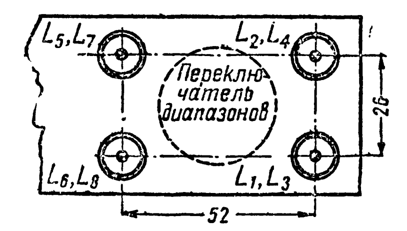


Рис. 3. Расположение контуров на панели.

расположена на оси блока конденсаторов переменной емкости, прикрепленного непосредственно на передней стенке ящика. На этой же оси расположен небольшой шкив (диаметр 50 *мм*), связанный тросиком со стрелкой-указателем настройки, которая движется в прорези, сделанной в передней стенке.

Особенностью конструкции приемника является отсутствие каких-либо экранов между контурами или другими деталями. Это достигается правильным расположением основных деталей на панели ВЧ блока.

Катушки L_1, L_2, L_5, L_6 намотаны на горшкообразных сердечниках из карбонильного железа СБ-1а. Снаружи этих сердечников расположены каркасы из плотной бумаги, на которых намотаны катушки L_3, L_4, L_7, L_8 (намотка однослойная, виток к витку или внавал). Данные катушек приведены в табл. 1.

Таблица 1

Обозначение по схеме	Число витков	Провод	Индуктивность с сердечником, *мкгн*
L_1	78	ПЭЛ-1 0,13	180
L_2	285	ПЭЛ-1 0,1	1 800
L_3	15	ПЭЛ-1 0,13	—
L_4	5	ПЭЛ-1 0,13	—
L_5	39+39	ПЭЛ-1 0,13	180
L_6	285	ПЭЛ-1 0,1	1 800
L_7	40	ПЭЛ-1 0,13	—
L_8	80	ПЭЛ-1 0,13	—

Сердечники катушек контуров ВЧ приклеиваются к панели клеем БФ-2 согласно рис. 3. Если смотреть на катушки сверху, то все они намотаны в одну сторону и концы катушек L_1, L_3, L_5, L_7 соединены с началами катушек L_2, L_4, L_6, L_8 соответственно.

В табл. 2 приведены данные обмоток трансформаторов *Тр1* и *Тр2*. Оба эти трансформатора выполнены на сердечниках из стали Ш-9 с толщиной набора 9 *мм*. Возможно применение сердечников с большим сечением при условии сохранения указанного в табл. 2 числа витков.

Таблица 2

Обозначение по схеме	Первичная обмотка: Провод	Первичная обмотка: Число витков	Первичная обмотка: Активное сопротивление, *ом*	Вторичная обмотка: Провод	Вторичная обмотка: Число витков	Вторичная обмотка: Активное сопротивление, *ом*
Тр1	ПЭЛ-1 0,08	2 800	280 Индуктивность около 10 *гн*	ПЭЛ-1 0, 15	2×300	25
Тр2	ПЭЛ-1 0,25	2×300	10 Индуктивность около 1 *гн*	ПЭЛ-1 0,5	70	0.1

При изготовлении трансформаторов нужно стараться сделать минимальным омическое сопротивление их обмоток. Это особо важно вследствие того, что в приемнике используется источник питания с небольшим напряжением и поэтому приведенное сопротивление нагрузки усилителя мощности очень невелико (приведенное сопротивление нагрузки между коллекторами *КП5* и *КП6* составляет 600 *ом*).

В приемнике используется громкоговоритель 1ГД-6 с сопротивлением звуковой катушки 6 *ом*, который обладает более высоким к. п. д., чем другие громкоговорители небольшой мощности.

Приемник заключен в ящик из 3-*мм* фанеры с внешними габаритами 220×165×90 *мм*.

НАЛАЖИВАНИЕ. Налаживание приемника можно значительно упростить и ускорить, если триоды предварительно проверить и отобрать. Для проверки триод включают в простейшую электрическую цепь (рис. 4). Постепенно, уменьшая величину R_2 (при включении триода R_2 должно быть максимальным), находим зависимость тока коллектора $I_к$ от напряжения между основанием и эмитером. Это напряжение может лежать в пределах 0,05—0,25 *в* в том случае, если $I_к$ изменяется от нуля до 10 *ма*. Ток $I_к$ более 10 *ма* пропускать через триод не следует, так как это может

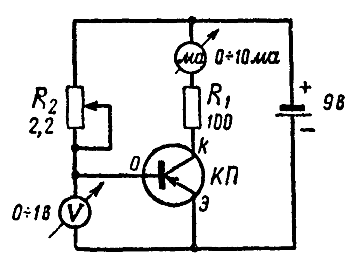


Рис 4. Схема для проверки и отбора триодов.

привести к его повреждению. При проверке могут быть обнаружены следующие основные неисправности триодов:

1) При полностью введенном сопротивлении R_2 стрелка миллиамперметра выходит за пределы шкалы. Это свидетельствует о наличии короткого замыкания внутри триода.

2) После включения триода ток самопроизвольно медленно увеличивается («ползет»). Если разомкнуть цепь источника питания и потом опять замкнуть, то процесс самопроизвольного возрастания тока повторяется. Такой «ползущий» триод работает в приемнике нормально только в течение 1—2 *сек*, после чего усиление его резко уменьшается. При использовании этого триода в детекторе или в первом каскаде усилителя НЧ в громкоговорителе прослушиваются сильный шум, шипение. Иногда триод начинает «ползти» после некоторого времени нормальной работы, поэтому целесообразно проверить триоды, даже если они ранее работали хорошо.

3) Ток $I_к$ резко меняется при легких сотрясениях триода. Во время работы в приемнике такая неисправность проявляется в виде резкого изменения громкости при сотрясении, постукивании по неисправному триоду.

Все перечисленные неисправности устранить нельзя.

Образец характеристики исправного триода показан на рис. 5. По полученным характеристикам отбирают два экземпляра триодов П1А (или другого типа) с наиболее сходными характеристиками для работы в оконечном каскаде.

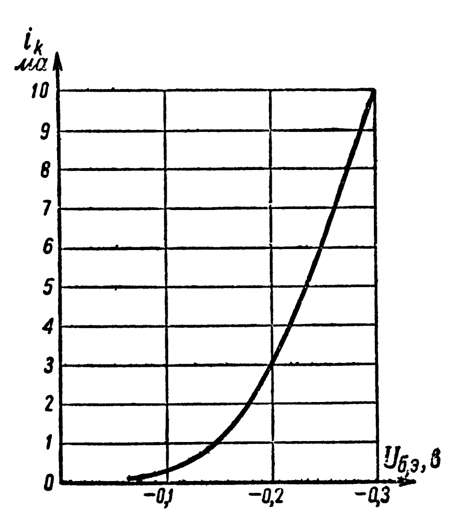


Рис. 5. Зависимость тока коллектора триода от напряжения между основанием и эмитером.

Налаживание приемника начинают с подбора величины токов, протекающих через триоды. Необходимый ток триода устанавливают путем изменения отрицательного напряжения на основании. Величина этого напряжения определяется сопротивлениями R_1 (для триода $КП_1$), R_3, R_4 ($КП_2$), R_5, R_8 ($КП_3$), R_{11}, R_{12} ($КП_4$) и R_{14}, R_{15}($КП_5$, $КП_6$). Изменяя величину этих сопротивлений, устанавливают необходимые токи триодов в соответствии с табл. 3. Для увеличения токов через триоды напряжения на основаниях нужно увеличивать, для чего величину сопротивлений R_1, R_4, R_8, R_{12} или R_{15} следует уменьшать.

Проверку и регулировку усилителя НЧ удобнее производить с помощью осциллографа и генератора звуковой частоты, с выхода которого на движок сопротивления R_6 подается напряжение 5—10 *мв*. Налаживание сводится к увеличению выходной мощности и уменьшению нелинейных искажений. Это в основном достигается подбором режима триодов $КП_5$ и $КП_6$. После предварительной проверки усилителя НЧ без отрицательной обратной связи подключают сопротивление R_{16} к незаземленному выводу вторичной обмотки трансформатора $Тр_2$.

Если при этом произойдет некоторое уменьшение громкости, то значит вторичная обмотка включена правильно. Если же подключение R_{16} приведет к увеличению громкости (или самовозбуждению усилителя), то концы вторичной обмотки нужно поменять местами.

В некоторых случаях для улучшения частотной характеристики усилителя параллельно первичной обмотке $Тр_2$ целесообразно подключить конденсатор емкостью 0,01—0,05 *мкф*.

Налаживание высокочастотного блока ($КП_1$ и $КП_2$) удобнее всего производить с помощью высокочастотного генератора, используя в качестве индикатора выхода вольтметр постоянного напряжения, подключенный параллельно R_5.

При отсутствии сигнала на входе приемника — напряжение на этом сопротивлении составляет примерно 0,75 *в*. В случае самовозбуждения приемника, которое может иметь место на ДВ диапазоне, напряжение на R_5 значительно превышает указанную величину. Самовозбуждение устраняется уменьшением связи между катушками L_2 и L_4.

Настройку колебательных контуров производят обычными для приемника прямого усиления методами.

Описываемый приемник, так же как и другие малогабаритные батарейные приемники, не имеющие рамочной или магнитной антенны, хорошо работает только в том случае, когда наряду с антенной (провод 2 — 20 *м*) к нему подключено заземление или противовес (длин-

Таблица 3

Обозначение триода по схеме	I_a, *ма*	$U_к$, *в*	U_0, *в*	Примечание
$КП_1$	1,0	—9	—	Величина тока может устанавливаться с точностью ± 20%
$КП_2$	0,25	—8,25	—0,075	
$КП_3$	0,5	—7,5	—	
$КП_4$	1,0	—9	—	
$КП_5$				
$КП_6$	1,0	—9	—0,15	

ный провод, массивный металлический предмет, шасси автомобиля и т. п.).

В заключение следует отметить, что для питания приемника надо использовать свежие батареи стаканчикового типа (элементы 1-КСУ, 2С, 3С, батареи карманного фонаря и др.). Применение старых батарей или батарей с большим внутренним сопротивлением (галетные батареи малой емкости) приводят к уменьшению неискаженной выходной мощности.

НОВЫЕ СЕТЕВЫЕ РАДИОПРИЕМНИКИ И РАДИОЛЫ[1]

Конструкторы радиотехнической промышленности СССР разработали новые модели радиоприемников, радиол и телевизоров. Материал о новых телевизорах читатель найдет в главе 13, а обзор новой приемной радиовещательной аппаратуры помещен ниже.

Чем отличаются новые радиоприемники от своих предшественников?

Новые приемники по праву могут называться всеволновыми, так как кроме обычных диапазонов для приема длинных, средних и коротких волн с амплитудной модуляцией в большинстве из них имеются диапазоны для приема ультракоротких волн с частотной модуляцией.

Важнейшим показателем качества звучания радиоаппаратуры является полоса воспроизводимых частот. В новых радиоприемниках она расширена примерно до 10 000 *гц*, тогда как лучшие приемники старых типов воспроизводят звуковые частоты до 6 500 *гц*. Для получения в новых приемниках такой широкой полосы частот разработаны новые громкоговорители.

Новые приемники звучат лучше и естественнее выпускавшихся ранее. В большинстве из них количество громкоговорителей увеличилось до двух, а в аппаратах более совершенных — до четырех.

Размещение новых (овальных) громкоговорителей на разных стенках ящиков радиоприемников и радиол создает так называемое «объемное звучание». У слушателя получается впечатление, что звук исходит не из одной точки, а из большого пространства.

Обращение с новыми радиоприемниками проще и удобнее, чем со старыми моделями. Этому в значительной мере способствуют клавишные переключатели, применяемые во всех новых моделях. Обращают на себя внимание большие стеклянные шкалы, через которые проходят рукоятки управления приемниками.

Вместо металлических ламп использованы новые экономичные лампы пальчиковой серии. Применение их повышает чувствительность и другие электрические свойства приемников, одновременно уменьшая размеры аппаратуры.

Эффективной борьбе с помехами помогают небольшие, размером с карандаш, ферритовые (магнитные) вращающиеся антенны, заключенные в ящиках у ряда новых приемников.

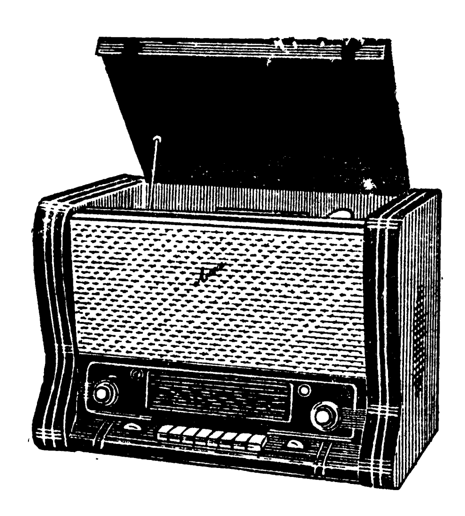
Эти антенны служат для приема радиостанций, работающих в диапазонах длинных и средних волн, а для приема УКВ применяется внутренний диполь.

Все новые радиоприемники имеют раздельную регулировку тембра по низшим и высшим частотам.

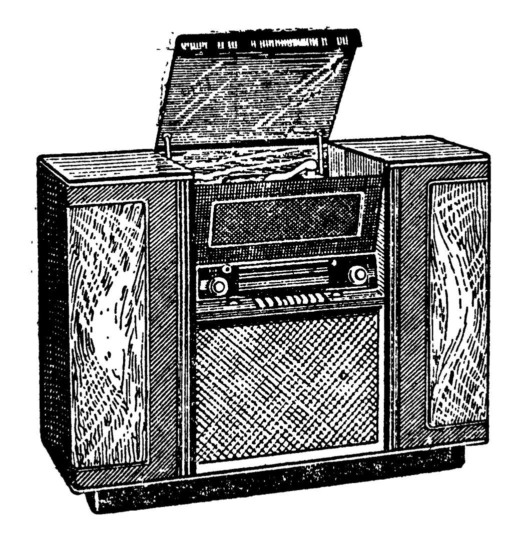
Радиоприемники имеют красивый внешний вид. Они оформлены ценными породами дерева и анодированным алюминием, имеющим золотистый оттенок. Благодаря применению малогабаритных деталей и узлов значительно уменьшены размеры и вес радиоприемников и радиол. В последних применяются универсальные двухскоростные (на $33^1/_3$ и 78 *об/мин*) проигрыватели для воспроизведения граммофонной записи как с обычных, так и долгоиграющих пластинок. Проигрыватели в радиолах имеют звукосниматели с пьезокерамическими элементами. Последние обладают высокой механической прочностью и не боятся повышенной влажности и температуры.

Почти все эти радиоприемники выпускаются в двух вариантах: настольных радиоприемников и настольных радиол различного внешнего оформления. Некоторые приемники высшего и первого класса будут выпускаться в виде радиол консольного типа, устанавливаемых на полу.

[1] По разным источникам.



Радиола «Люкс».



Радиола «Россия».

Рассмотрим по одному представителю из каждой разновидности новых радиоприемников.

Радиола «Люкс» высшего класса представляет собой одиннадцатиламповый супергетеродинный настольный радиоприемник, собранный в одном ящике с универсальным электропроигрывателем. Радиола рассчитана на работу в шести диапазонах волн: длинноволновом 2 000—722,9 *м* (150—415 *кгц*), средневолновом 577—187,5 *м* (520—1 600 *кгц*), коротковолновом первом 75,9—54,5 *м* (3,95—5,5 *Мгц*), втором 57,7—40 *м* (5,2—7,5 *Мгц*), третьем 31,9—23,0 *м* (9,4—13,0 *Мгц*), ультракоротковолновом 4,65—4,11 *м* (64,5—73 *Мгц*).

Приемник радиолы имеет плавно регулируемую полосу пропускания по промежуточной частоте, раздельную регулировку тембра по низшим и высшим звуковым частотам, автоматическую регулировку усиления, клавишный переключатель диапазонов и оптический индикатор настройки.

Для приема длинноволновых и средневолновых радиостанций радиола снабжена внутренней магнитной антенной, выполненной на поворотном ферритовом стержне, позволяющем вести направленный прием с небольшим уровнем помех.

Для приема УКВ станций служит внутренний диполь. Кроме того, имеются гнезда для внешней антенны. Громкоговорителей в радиоле имеется четыре. Два эллиптических широкополосных пятиваттных типа 5ГД9, расположенных на передней стенке, и двух эллептических высокочастотных одноваттных типа 1ГД9, расположенных на боковых стенках ящика радиолы. Такая акустическая система обеспечивает высококачественное воспроизведение широкой полосы частот в диапазоне от 50 до 12 000 *гц* и создает эффект «объемного звучания».

Выходная номинальная мощность радиолы 6 *вт*, максимальная 8—9 *вт*.

Выпрямитель селеновый.

Питание радиолы осуществляется от сети переменного тока напряжением 110, 127, 220 *в*, частотой 50 *гц*.

Потребляемая от сети мощность при радиоприеме не более 85 *вт*, а при воспроизведении грамзаписи не более 100 *вт*.

Электродвигатель радиолы асинхронный, малогабаритный, с двухскоростным приводом (на $33^1/_3$ и 78 *об/мин*) и автостопом, который обеспечивает полуавтоматический запуск и автоматическую остановку вращения диска по окончании проигрывания грампластинки.

Звукосниматель пьезокерамический с поворотной головкой имеет две корундовые иглы для проигрывания обычных и долгоиграющих пластинок.

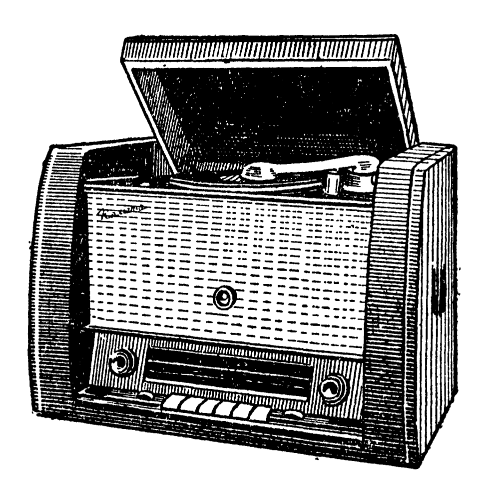
Размеры радиолы 625×450×365 *мм*. Вес 27 *кг*.

Радиола «Дружба» такого же типа и почти таких же размеров, как и радиола «Люкс».

Радиола «Россия» такого же типа, как и радиола «Люкс», но имеет пять громкоговорителей и является консольной. Ее размеры 1 150×850×405 *мм*.

Радиола «Концерт» первого класса состоит из семилампового пятидиапазонного супергетеродинного радиоприемника и универсального двухскоростного проигрывателя.

Приемник собран по схеме аналогичной схеме радиолы «Люкс», и от последней радиола «Концерт» отличается только уменьшенным



Радиола «Комета».

количеством ламп, меньшей выходной мощностью (2 *вт*) и наличием двух (а не трех, как в радиоле «Люкс») коротковолновых диапазонов: второй 75,9—40 *м* (3,95—7,5 *Мгц*), первый 33,9—24,8 *м* (8,85—12,1 *Мгц*), УКВ диапазон такой же как и в радиоле «Люкс». Потребляемая мощность радиоприемником 60 *вт*, радиолы 75 *вт*. Размеры 530×415×360 *мм*. Вес 21 *кг*.

Радиолы «Комета» и «Октава» такого же типа, как и радиола «Концерт».

Радиола «Байкал» состоит из шестилампового пятидиапазонного супергетеродинного радиоприемника и универсального двухскоростного проигрывателя.

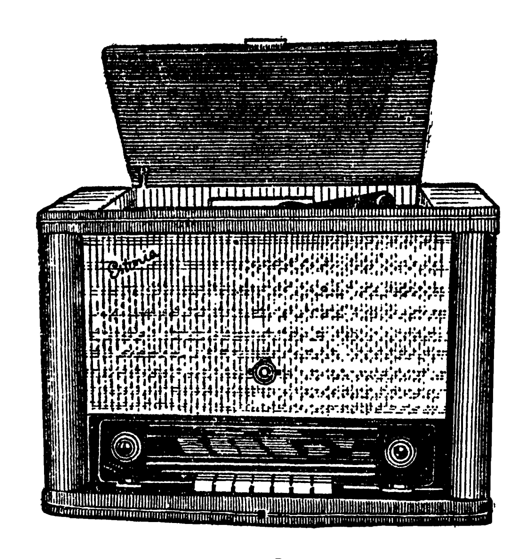
Приемник имеет автоматическую регулировку усиления, раздельную регулировку тембра по высшим и низшим частотам и регулировку громкости.

Диапазоны принимаемых частот: длинноволновый 2 000—723 (150—415 *кгц*), средневолновый 577—188 (520—1 600 *кгц*), коротковолновый первый 36,3—24,8 *м* (8,5—12,1 *Мгц*), коротковолновый второй 75,9—40 *м* (3,95—7,5 *Мгц*), УКВ 4,66—4,11 *м* (64,5—73 *Мгц*). Прием УКВ станций производится на внутренний диполь.

Громкоговорителей два. Выходная мощность 2 *вт*. Выпрямитель селеновый. Потребляемая от сети мощность радиоприемника 45 *вт*. Размеры приемника 510×325×280 *мм*.

Радиоприемники «Луч», «Маяк», «Донец» и «Муромец» такого же типа, как и приемник «Байкал» и близкие к нему по схеме.

Несколько особняком стоит среди новых радиоприемников радиола «Эстония». Она имеет двенадцатиламповый пятидиапазонный радиоприемник, соответствующий требованиям, предъявляемым к первому классу, но по ряду параметров имеется значительный запас. Электропроигрыватель универсальный, двухскоростной.



Радиола «Эстония».

Диапазоны следующие: длинноволновый 2 000—723 *м* (150—415 *кгц*), средневолновый 577—188 *м* (520—1 600 *кгц*), коротковолновый первый 75,9—36 *м* (3,95—8,2 *Мгц*), второй 39,8—24,8 *м* (7,8—12,1 *Мгц*), УКВ 4,5—4,11 *м* (66—73 *Мгц*).

Громкоговорителей два. Выходная мощность 4 *вт*. Потребляемая от сети мощность при радиоприеме 120 *вт*, при воспроизведении — 140 *вт*.

В заключение нашего обзора укажем на новинку Рижского завода имени А. С. Попова — радиоприемник «Фестиваль» с дистанционным управлением. В этом двенадцатиламповом семидиапазонном супергетеродине для усиления и преобразования сигналов используются 10 ламп, а две служат для автоматической подстройки частоты и дистанционного управления приемником.

Автоматическая подстройка частоты применена здесь такая, при которой настройка на нужную радиостанцию производится сначала приблизительно, а точная настройка осуществляется автоматически.

Дистанционное управление приемником на расстоянии осуществляется с выносного пульта, соединяемого с приемником 18-жильным кабелем длиной 6 *м*. С помощью пульта можно выполнить все основные функции управления приемником: включение и выключение его, настройку на желаемую радиостанцию (используя имеющуюся на пульте шкалу), переход на автоматическую подстройку, регулировку громкости и переключение на любой из семи диапазонов.

В число этих диапазонов, кроме длинноволнового и средневолнового, входят четыре коротковолновых (от 24,5 до 56 *м*) и УКВ ЧМ диапазон, выполненный в виде отдельного блока. Переключатель диапазонов клавишный.

Электроакустический агрегат «Фестиваля» состоит из четырех громкоговорителей: одного шестиваттного, двух четырехваттных и одноваттного.

Размеры ящика 660×424×311 *мм.*

Для любителей походов и экскурсий создан малогабаритный похожий на дамскую сумочку переносный радиоприемник «Турист». Он имеет пять пальчиковых ламп и может принимать на внутреннюю магнитную антенну длинноволновые и средневолновые радиовещательные станции. Вес радиоприемника с батареями 2,4 *кг.*

При ежедневной работе по три часа свежих батарей хватит на 8—10 дней. В домашних условиях «Турист» может работать от сети переменного тока.

* * *

В директивах XX съезда КПСС по шестому пятилетнему плану развития СССР на 1956—1960 гг. перед радиотехнической промышленностью поставлены большие задачи. Среди них мы читаем о выпуске в 1960 г. 10 миллионов 20 тысяч штук радиовещательных и телевизионных приемников.

По сравнению с 1955 г. это рост почти в 3 раза.

Реализуя решения XX съезда КПСС, работники радиотехнической промышленности создали новые образцы радиоприемников и радиол. Все устаревшие типы приемников и телевизоров сняты с производства и заменены новыми, в которых использованы современные достижения техники.

Для удовлетворения потребностей в дешевых приемниках на предприятиях радиотехнической промышленности разработана серия малогабаритных приемников. В них применяются печатные методы монтажа, пальчиковые лампы и, так же как в приемниках высших типов, в дешевых приемниках, унифицированы узлы и детали, изготовление которых централизовано.

Выполнение плана шестой пятилетки обеспечит резкий рост советской радиопромышленности и новый большой количественный и качественнный рост выпуска аппаратуры радиовещания.

ЛИТЕРАТУРА

Книги

Л. В. Троицкий, Как сделать простой сетевой радиоприемник (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1952.

Б. А. Левандовский, Шкалы и верньерные устройства (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1952.

Рассматриваются различные виды шкал и верньерных устройств для радиоприемников и измерительной аппаратуры.

В. Ф. Баумгартс, Сельская радиопередвижка (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1952.

Описание самодельного пятилампового супергетеродинного батарейного приемника переносного типа.

А. М. Рахтеенко, Карманные радиоприемники (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1952.

Описываются самодельные малогабаритные радиоприемники для работы в походных условиях.

А. Д. Батраков и С. Кин, Элементарная радиотехника. Ч. 2. Ламповые приемники (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1952.

Изложены основы радиотехники соответственно программе радиокружков ДОСААФ.

М. Д. Ганзбург, Трехламповый супергетеродин (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1952.

Описаны две конструкции самодельных радиоприемников с питанием от электросети.

З. Б. Гинзбург, Катушки индуктивности для простых радиоприемников (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1952.

Практические указания по изготовлению катушек для детекторных и простых ламповых радиоприемников.

Радиолюбительские приемники Б. Н. Хитрова (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1952.

Описание девяти радиоприемников, начиная с простых приемников прямого усиления и кончая шестиламповым супергетеродином РЛ-6. Среди них описания весьма популярных двухламповых супергетеродинов РЛ-4 и РЛ-8 и четырехлампового РЛ-1.

Е. А. Левитин, Качественные показатели радиоприемников (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1953.

Излагаются понятия об основных характеристиках и параметрах радиовещательных приемников.

С. Н. Кризе, выходные трансформаторы (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1953.

Теория и расчет маломощных трансформаторов, применяемых в усилителях низкой частоты и радиоприемниках.

Р. М. Малинин, Усилители низкой частоты (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1953.

Принципы действия ламповых усилителей низкой частоты. Практические схемы и элементарные расчеты усилителей.

Е. А. Левитин, Супергетеродин (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1954.

Описание принципа работы супергетеродинного радиоприемника и основных вариантов его схем.

И. Г. Гольдреер, Ламповый каскад с обратной связью (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1954.

Описание схем различных видов обратной связи, используемых в радиотехнических устройствах.

А. А. Куликовский, Новое в технике любительского радиоприема, второе издание, переработанное (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1954.

Обзор новых схем в технике радиоприема, которые могут быть использованы в радиолюбительской практике.

Ф. И. Тарасов, Простые батарейные радиоприемники, издание второе (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1955.

Описание одолампового и двухлампового радиоприемников, собранных из самодельных деталей.

Л. В. Троицкий, Схемы радиолюбительских приемников (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1955.

В книге помещено более 80 схем. Среди различных радиоприемников и радиол, начиная с одноламповых и кончая сложными многоламповыми приемными устройствами. Среди них свыше 30 радиоприемников рассчитаны на питание от батарей, а остальные — от сети переменного тока.

Книга предназначена для радиолюбителей-конструкторов, желающих выбрать схему приемника из числа опубликованных или самостоятельно составить ее, комбинируя элементы уже известных схем.

Ю. В. Костыков, Л. Н. Ермолаев, Первая книга радиолюбителя, Воениздат, 1955.

Книга рассчитана на читателей, имеющих образование 7—8 классов, занимающихся радиолюбительством. В ней наряду с теоретическими основами электричества и радио разобраны схемы простейших радиоприемников.

Ф. И. Барсуков, Трехламповый радиоприемник (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1956.

Описание двух самодельных трехламповых приемников прямого усиления (сетевого и батарейного).

К. А. Шульгин, Как работает радиоприемник (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1956.

Популярное изложение принципа действия радиоприемников прямого усиления и супергетеродинного типа. Наряду с освещением физических процессов, происходящих в приемных устройствах, приводятся рекомендации по выбору данных для различных узлов ламповых радиоприемников.

И. П. Жеребцов, Радиотехника, издание третье, Связьиздат, 1954. Глава VII книги посвящена усилителям низкой частоты, а IX глава — радиоприемникам.

И. П. Жеребцов, Книга сельского радиолюбителя, Издательство ДОСААФ, 1955.

В главе 4 книги рассказывается, как работает радиоприемник, глава 7 посвящена описаниям заводских ламповых радиоприемников, а глава 8 — самодельным ламповым приемникам и усилителям.

Е. А. Левитин, Радиовещательные ламповые приемники, издание второе, переработанное и дополненное, Всесоюзное кооперативное издательство, 1956.

В первой части книги приводятся описания 80 радиоприемников отечественного производства, выпущенных за период 1946—1955 гг.

Статьи

Р. Сворень, Пятиламповый супергетеродин, «Радио», 1955, № 1.

М. Ганзбург, Д. Скороспелов, Любительская радиола, «Радио», 1955, № 3.

Р. Сворень, Переносная радиола, «Радио», 1955, № 4.

Г. Цыкин, Радиоприемник на полупроводниковых триодах, «Радио», 1955, № 5.

А. Кореш, Радиоприемник на кристаллических триодах, «Радио», 1956, № 1.

Ф. Тормазов, Новая аппаратура, «Радио», 1956, № 9.

М. Ганзбург, Д. Скороспелов, Простой супергетеродин, «Радио», 1956, № 5.

Б. Сметанин, Радиоприемник по схеме 0-V-1, «Радио», 1956, № 7.

Самодельный двухламповый приемник, «Радио», 1956, № 11, вкладка.



ГЛАВА ДЕСЯТАЯ

СБОРКА РАДИОПРИЕМНИКА

ВЫБОР ДЕТАЛЕЙ[1]

Перед нами — схема, по которой будет собираться приемник. Для того чтобы построить по ней приемник, нужно проделать ряд подготовительных операций, первая из которых — выбор деталей.

Для каждой детали приемника на схеме обычно указывается только ее электрическая величина (емкость конденсаторов в микрофарадах или пикофарадах, величина сопротивлений в омах или мегомах и т. д.). Но для правильного выбора детали этого недостаточно. Радиолюбитель-конструктор должен также учитывать напряжения и токи, действующие в разных участках схемы.

Чтобы радиолюбителю легче было разобраться в этом вопросе, здесь говорится отдельно о каждом типе деталей применительно к схеме наиболее типичного радиолюбительского приемника — четырехлампового супергетеродина РЛ-1 (см. на стр. 190).

СОПРОТИВЛЕНИЯ. Постоянные сопротивления по своей конструкции разделяются на проволочные и непроволочные. Первые ставятся в те участки схемы, где проходят сравнительно большие токи. В схеме РЛ-1 проволочными являются только сопротивления R_{15}, R_{16} и R_{17}.

Величина любого сопротивления в приемнике без заметного ущерба для его работы может отклоняться в пределах $\pm 20\%$ от значения, указанного на схеме. Так, например, вместо сопротивления в 100 000 *ом* можно ставить сопротивления от 80 000 до 120 000 *ом*.

Непроволочные сопротивления различаются не только по величине сопротивления, но и по мощности. Наиболее употребительны сопротивления, рассчитанные на мощности 0,25, 0,5 и 2 *вт*.

Если пропускать через сопротивление чрезмерно большой ток, то оно будет сильно нагреваться и в короткое время разрушится. Чем больше расходуемая в сопротивлении мощность, тем оно сильнее нагревается. Выбирать сопротивления по допустимой мощности следует тогда, когда известно, что в цепях, где стоит сопротивление, проходит сравнительно большой ток (обычно — это сопротивления в анодных, экранных и катодных цепях ламп).

В тех случаях, когда радиолюбителю кажется, что мощность, выделяющаяся в выбранном сопротивлении, превышает допустимую, следует произвести расчет мощности по формуле

$$P = \frac{I^2 R}{1\,000\,000},$$

где P — мощность, *вт;*
I — ток, протекающий через сопротивление, *ма*;
R — сопротивление, *ом*.

Так, на схеме РЛ-1 по сопротивлению $R_3 = 29\,000$ *ом*, включенному в общую экранную цепь первых двух ламп, проходит ток 5 *ма*. Выделяющаяся в этом сопротивлении мощность составит:

$$P = \frac{5^2 \cdot 29\,000}{1\,000\,000} = 0{,}725 \text{ вт}.$$

Следовательно, в данном случае нужно взять сопротивление, рассчитанное на допустимую мощность 1 *вт*.

Если у радиолюбителя такого сопротивления не окажется, то можно взять три или четыре сопротивления по 0,25 *вт* и соединить их между собой последовательно или параллельно; тогда мощность распределится между ними равномерно. В данном случае следует взять три сопротивления, причем при последовательном соединении величина каждого из них должна составлять 9 700 *ом*, а при параллельном — 87 000 *ом*.

Из проволочных сопротивлений в приемных схемах применяются только низкоомные. Например, в схеме РЛ-1 такими сопротивлениями являются: $R_{15} = 20$ *ом*, $R_{16} = 20$ *ом* и $R_{17} = 180$ *ом*. Такие сопротивления радиолюбителю часто приходится делать самому из провода с большим удельным сопротивлением, на-

[1] З. Гинзбург и Ф. Тарасов, Выбор деталей, «Радио», 1949, № 10.

пример из никелина (удельное сопротивление 0,4) или нихрома (удельное сопротивление 1). Для того чтобы сопротивление не сильно нагревалось, провод должен быть достаточной толщины. Так, для тока до 50 *ма* берется проволока диаметром 0,15 *мм*, а от 50 до 100 *ма* — 0,2 *мм*.

Необходимая длина провода определяется по формуле

$$l = \frac{0{,}785 R d^2}{\rho},$$

где R — сопротивление провода, *ом*;
ρ — удельное сопротивление;
l — длина провода, *м*;
d — диаметр провода, *мм*.

В качестве примера рассмотрим сопротивление $R_{17} = 180$ *ом*, через которое проходит ток 60 *ма*. Берем нихромовый провод диаметром 0,2 *мм*. Необходимая его длина

$$l = \frac{0{,}785 \cdot 180 \cdot 0{,}2^2}{1} = 5{,}55 \text{ м}.$$

Переменные сопротивления применяются главным образом для регулировки громкости (R_6) и тембра (R_{14}). Для этих целей служат непроволочные сопротивления, величина которых обычно измеряется сотнями тысяч ом.

Некоторые переменные сопротивления снабжаются выключателем тока электросети. Их лучше всего применять в качестве регуляторов громкости.

КОНДЕНСАТОРЫ. Применяющиеся в приемниках конденсаторы можно разделить на следующие группы: 1) конденсаторы колебательных контуров, которые могут быть переменными (например, C_2), подстроечными (C_1, C_3 и C_4) и постоянными (C_{15}, C_{16}, C_{19}, C_{20}); 2) разделительные конденсаторы (C_{23}, C_{28}); 3) блокировочные конденсаторы (C_{18}, C_{21}); 4) конденсаторы фильтра (C_{31}, C_{32}).

Емкости конденсаторов, предназначенных для колебательных контуров приемника, должны по возможности точно совпадать с величинами, указанными на схеме. В противном случае потребуется изменение расчетных данных катушек, с тем чтобы сохранить перекрытие заданного диапазона волн.

От качеств конденсаторов, стоящих в колебательном контуре, в значительной степени зависит качество работы приемника. Например, конденсаторы переменной емкости C_2 и C_6 лучше всего применять с воздушным диэлектриком, так как они обладают меньшими потерями по сравнению с конденсаторами, имеющими твердый диэлектрик.

Радиолюбители, как правило, пользуются готовыми заводскими конденсаторами переменной емкости (чаще всего агрегатами). Они более или менее одинаковы как по емкости, так и по геометрическим размерам. Подстроечные же конденсаторы радиолюбители довольно часто изготовляют сами.

Следует учесть, что подстроечный конденсатор также должен обладать наименьшими потерями; поэтому лучше всего применять заводские подстроечные конденсаторы с воздушным или керамическим диэлектриком.

Постоянные конденсаторы для контуров также желательно применять с керамическим диэлектриком. Несколько хуже слюдяные конденсаторы. Конденсаторы с бумажным диэлектриком в эти участки схемы не рекомендуется ставить, так как они обладают сравнительно большими потерями и емкость их непостоянна.

Емкость разделительных конденсаторов может не совпадать с данными схемы — отклонение ее до +50% не играет особой роли. Так, емкость конденсатора $C_{23} = 5\,000$ *пф* можно изменить до 7 000—8 000 *пф*.

Особое внимание следует обращать на качество изоляции разделительных конденсаторов. Наиболее надежными в этом отношении являются керамические и слюдяные конденсаторы, но они изготовляются только сравнительно небольшой емкости. Поэтому иногда приходится применять конденсаторы с бумажным диэлектриком, но они должны обладать высокой изоляцией (не менее 100 *Мом*), иначе через конденсатор будет проходить ток утечки, который нарушит нормальный режим работы последующей ступени.

Разделительный конденсатор должен допускать рабочее напряжение не ниже удвоенного напряжения анодного источника тока, в нашем случае — не менее 500 *в*.

В схемах обычно указываются минимальные величины емкости блокировочных конденсаторов. Поэтому не следует применять в качестве блокировочных конденсаторы, емкость которых меньше указанной в схеме, увеличение же их емкости допустимо.

Блокировочные конденсаторы должны допускать рабочее напряжение не меньше двойного напряжения источника тока.

Конденсаторы фильтра могут быть бумажные и электролитические. Все сказанное о блокировочных конденсаторах полностью относится и к конденсаторам фильтра.

Конденсаторы фильтра после включения приемника в сеть, пока лампы не разогрелись и нагрузка на выпрямителе отсутствует, заряжаются до амплитудного значения выпрямленного напряжения, примерно в 1,5 раза превосходящего нормальное напряжение анодной цепи. Поэтому рабочее напряжение таких конденсаторов должно быть в 1,5—2 раза выше анодного напряжения приемника.

Электролитические конденсаторы хорошо работают в фильтре только тогда, когда они обладают небольшим током утечки.

КАТУШКИ. В большинстве случаев радиолюбитель изготовляет катушки сам, так как в продаже они встречаются редко, или же переделывает имеющиеся катушки применительно к конструкции собираемого приемника.

Данные обмоток катушек радиолюбители берут из описания или рассчитывают. Величина индуктивности каждой катушки определяется диапазоном приемника. Поскольку же диапазоны волн всех радиовещательных приемников стандартны, то выбор катушек ограничивается лишь их конструкцией. Для снижения потерь в катушке приходится применять провод с возможно большим диаметром, а также специальный так называемый «универсальный» способ намотки и ряд других мер. Но при использовании толстого провода увеличиваются размеры катушки, что бывает неудобно. Чрезмерное уменьшение габаритов контурных катушек неизбежно снижает их электрические качества. Наиболее пригодными для радиолюбительских конструкций являются катушки с диаметром каркаса от 10 до 30 *мм*.

Катушки фильтров промежуточной частоты ($Тр_1$ и $Тр_2$) часто встречаются в продаже, и их можно установить в любом самодельном супергетеродине. Надо лишь выбирать такой фильтр, который рассчитан на промежуточную частоту приемника (например, 465 *кгц*).

СИЛОВОЙ И ВЫХОДНОЙ ТРАНСФОРМАТОРЫ. Силовой трансформатор должен иметь нужное число обмоток, обеспечивающих необходимые напряжения и токи для питания анодных и накальных цепей приемника. Мощность трансформатора, т. е. мощность, которую способны давать все его вторичные обмотки, должна равняться общей мощности, потребляемой анодной цепью и цепями накала ламп приемника и кенотрона выпрямителя. Зная данные примененных ламп, можно легко подсчитать эти мощности.

Общий анодный ток ламп приемника РЛ-1 (лампы 6А8, 6К7, 6Г7 и 6Ф6С) при напряжении 250 *в* составляет 60 *ма* (0,06 *а*) и поэтому мощность, потребляемая анодной цепью, равна $250 \cdot 0{,}06 = 15$ *вт*.

На питание нити накала кенотрона 5Ц4С требуется мощность $5 \cdot 2 = 10$ *вт*, а на питание нитей накала всех ламп приемника при общем токе в 1,6 *а* и напряжении накала 6,3 *в* расходуется мощность $6{,}3 \cdot 1{,}6 = 10$ *вт*. Кроме того, на питание двух лампочек для освещения шкалы приемника (напряжение 6,3 *в*, ток 0,25 *а*) расходуется мощность $6{,}3 \cdot 2 \cdot 0{,}25 = 3{,}15$ *вт*.

Таким образом, общая мощность, которую должен давать силовой трансформатор, составит:

$$P_0 = 15 + 10 + 10 + 3{,}15 \approx 38 \text{ вт}.$$

Учитывая к. п. д., который для трансформаторов небольшой мощности можно считать равным не более 70—75%, определим мощность P, потребляемую трансформатором из электросети:

$$P = \frac{38 \cdot 100}{70} = 54{,}3 \text{ вт} \approx 55 \text{ вт}.$$

О РАБОЧЕМ МЕСТЕ РАДИОЛЮБИТЕЛЯ [1]

Принято считать, что комната радиолюбителя представляет собой склад всякого железного лома, а его рабочее место — нагромождение деталей, ламп, проводов и трансформаторной стали. Пора покончить с таким представлением о радиолюбителях. Они в своем большинстве люди организованные и аккуратные.

Каждому начинающему радиолюбителю следует с первых шагов своей практической деятельности держать в порядке свое рабочее место.

В книжке «Руководство по монтажу радиоаппаратуры» (см. литературу к этой главе), написанной группой опытных и квалифицированных специалистов, есть немало добрых советов о том, в каком порядке надо держать свое рабочее место. Речь идет в ней о монтажерах-сборщиках радиоаппаратуры, но это целиком относится и к радиолюбителям.

Инструмент следует располагать с правой стороны, кроме пинцета, располагаемого слева от монтируемого прибора. Пинцетом при пайке поддерживаются припаиваемый провод. Если приходится производить одновременно монтаж и частичную сборку прибора, к монтажному инструменту прибавляется сборочный (торцовые ключи, отвертки, ручная дрель, сверла и др.).

Нельзя допускать перемешивания монтажных деталей, винтов и гаек с инструментом. Это создает беспорядок на рабочем месте, понижает производительность труда.

Для того чтобы на рабочем месте был должный порядок, необходимо перед началом работы приготовить нужный инструмент, а монтажные детали разложить по отдельным коробкам.

Хорошо иметь специальный невысокий удлиненный шкафчик с ящиками, разделенны-

[1] По разным источникам.

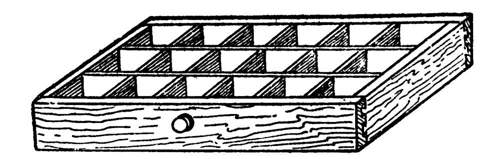


Рис. 1. Конструкция «кассы» шкафчика.

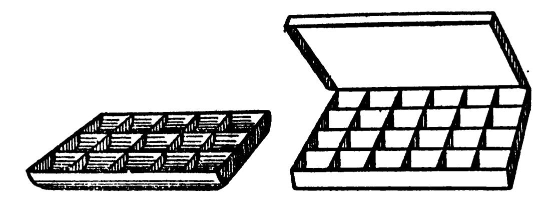


Рис. 2. Конструкции настольных «касс».

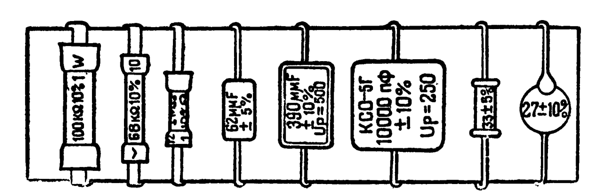


Рис. 3. Хранение мелких деталей на картонной полоске.

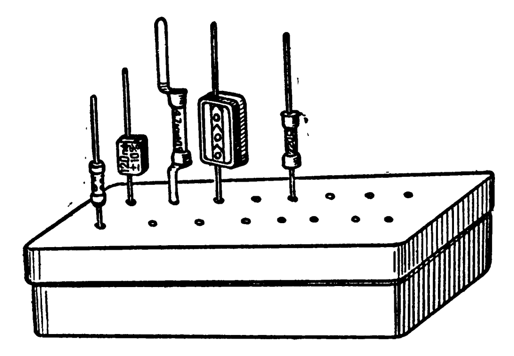


Рис. 4. Хранение мелких деталей в вертикальном положении.

ми на более мелкие отделения для деталей различного назначения. Такой ящик называют «кассой», так как он напоминает типографскую кассу (рис. 1). Можно иметь более простые настольные «кассы» (рис. 2).

Удобно размещать сопротивления и конденсаторы на прессшпановых или картонных полосках длиной 150—200 *мм*. Ширина полоски берется по длине одноваттного сопротивления типа ВС-1,0. На полосках этой ширины располагаются сопротивления мощностью до 1 *вт* и конденсаторы до размера КСО-5, причем эти детали располагают маркировкой вверх, чтобы они огибали полоску своими выводами (рис. 3).

Можно размещать их и в вертикальном положении, как показано на рис. 4.

Для этого можно использовать небольшую картонную коробку. В крышке коробки прокалываются отверстия по диаметру или шире вывода сопротивления. После этого коробочку наполняют сухим мелким песком для обеспечения устойчивости вставленных сопротивлений. Таким же способом можно размещать конденсаторы КСО.

Кроме деталей и проводов, радиолюбители пользуются вспомогательными материалами, к которым относятся: растворитель для промывки паек (бутилацетат), эмалевые краски, различные клеи: целлулоидный, марки БФ и др. Их следует хранить в стеклянных пузырьках с широкими горлышками, закрываемыми резиновыми пробками. Огнеопасные материалы помещают в металлическую коробку. Рекомендуется иметь мягкую подстилку — фланелевую или суконную, которую подкладывать под монтируемый прибор.

После работы рабочее место надо убрать. При этом монтажный материал и инструмент раскладывают по местам в ящиках стола. Для каждой группы инструмента: измерительного, монтажного, слесарного, лучше всего иметь свой ящик. Наилучшим способом хранения инструмента в ящиках стола является укладка каждого инструмента в изготовленные для него гнезда наподобие готовальни.

Сопротивления, конденсаторы и крепежные материалы, не замонтированные в прибор, укладываются в соответствующие отделения «кассы».

Подставку следует вынуть из-под монтируемого прибора, встряхнуть и накрыть ею прибор.

В случае необходимости нужно очистить и закрывать паяльник. Кстати говоря, паяльник следует держать на специальной подставке с коробочкой (рис. 5), разделенной на две части: для канифоли и припоя. Когда происходит уборка рабочего места, надо заменить канифоль, если она загрязнилась, выбросив бумагу или прессшпан вместе с канифолью.

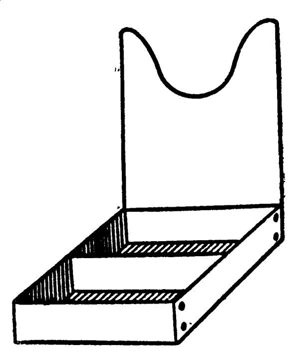


Рис. 5 Подставка для паяльника

Уборка своего рабочего места, занимая несколько минут, восстановит порядок в комнате радиолюбителя, избавит его от затраты времени при возвращении к монтажной работе в следующий раз и приучит к организованности.

В заключение следует отметить, что стол радиолюбителя должен быть хорошо освещен дневным светом и поэтому лучше всего поставить его у окна. При искусственном освещении рабочего места следует применять лампочку не более 40—50 *вт*. Расположение источника света и осветительной арматуры надо выбрать так, чтобы глаза были полностью защищены от непосредственного воздействия лампочки. Блескость (ослепляющее действие на глаза источника света) вызывает утомление глаз и затрудняет работу.

Лампочка должна иметь отражатель достаточной глубины, чтобы утопать в нем целиком. Внутренняя поверхность отражателя должна быть покрыта белой эмалью или алюминиевой краской для равномерного отражения света.

Правильная организация своего рабочего места, порядок на нем — залог успешной конструкторской работы.

Родителям, руководителям радиокружков нужно с первых шагов юных и начинающих радиолюбителей воспитывать в них трудовую собранность, организованность и любовь к порядку.

ПРОВЕРКА ДЕТАЛЕЙ[1]

Прежде чем приступить к монтажу отобранных для приемника деталей, часто случайно приобретенных, нужно обязательно убедиться в их исправности. В собранном приемнике обнаружить и устранить повреждение в той или иной детали значительно труднее.

Один только внешний осмотр деталей не дает полной уверенности в их исправности. Каждую деталь надо еще проверить с помощью электрического прибора. Такая проверка сводится к выяснению, нет ли в данной детали обрыва или короткого замыкания и достаточно ли надежна ее изоляция.

Проверку можно производить с помощью широко известного прибора, называемого авометром, или в крайнем случае — простейшим пробником (см. стр. 208).

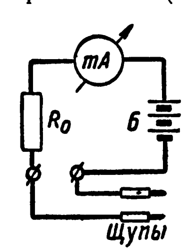


Рис. 1. Схема простейшего пробника.

Простейший пробник (рис. 1) обычно состоит из какого-либо источника тока *Б* (например, батарейки от карманного фонаря) и измерительного прибора *mA* (чаще всего миллиамперметра).

В цепь последовательного с измерительным прибором включается добавочное сопротивление R_0 такой величины, чтобы при замыкании цепи пробника стрелка прибора отклонялась до конца шкалы.

Величину сопротивления R_0 подбирают опытным путем или рассчитывают по формуле

$$R_0 = 1000\frac{U}{I},$$

где R_0 — добавочное сопротивление, *ом*;
U — напряжение источника тока, *в*;
I — ток, при котором стрелка прибора отклоняется на всю шкалу, *ма*.

Например, если напряжение батареи *Б* равно 4 *в* и полное отклонение стрелки прибора получается при токе в 10 *ма*, то величина добавочного сопротивления

$$R_0 = 1\,000\frac{4}{10} = 400 \text{ ом}.$$

Нет необходимости точно подбирать величину сопротивления, потому что пробник является не измерительным прибором, а лишь индикатором (сигнализатором) наличия тока в проверяемой цепи. Поэтому расчетным путем определяется лишь примерная величина добавочного сопротивления. Отклонения величины этого сопротивления от расчетной до ±30% вполне допустимы.

Для большего удобства обращения с пробником надо выводные его концы выполнить в виде так называемых щупов.

Щуп можно сделать из куска медной проволоки диаметром 1,5—2,5 *мм* и длиной 15—20 *см*. Один из концов проволоки заостряется, а ко второму концу припаивается гибкий изолированный провод. На щуп надевается изоляционная трубка, а место соединения щупа с гибким проводом плотно обматывается изоляционной лентой. Провода от щупов присоединяются к соответствующим зажимам пробника.

Проверка пробником занимает немного времени и в большинстве случаев дает достаточно правильное представление о пригодности той или иной детали для установки в приемнике.

ИЗГОТОВЛЕНИЕ КАТУШЕК[2]

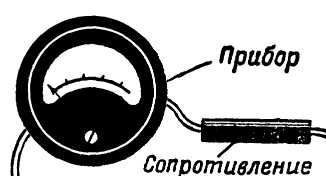
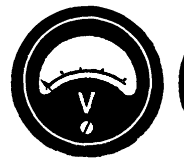
В современных радиоприемниках применяются чаще всего цилиндрические катушки малых размеров. Исключение составляют катушки для детекторных приемников, где большие размеры катушек способствуют улучшению приема.

По виду намотки катушки бывают однослойные и многослойные. Первые из них применяются главным образом в контурах корот-

[1] З. Гинзбург и Ф. Тарасов, Проверка деталей, «Радио», 1949, № 12.

[2] По разным источникам.

ПРОБНИК И ЕГО ПРИМЕНЕНИЕ


Прибор

Сопротивление

В радиолюбительской практике пробником называется цепь, составленная из измерительного прибора, источника тока и сопротивления

Прибором может служить любой вольтметр со шкалой до 4-5в или миллиамперметр со шкалой до 10-15ма

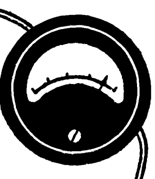


Источник тока

Металлические наконечники

Изолятор

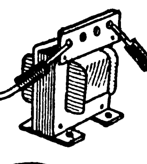
Провод



При испытании катушки стрелка прибора должна отклониться почти до конца шкалы

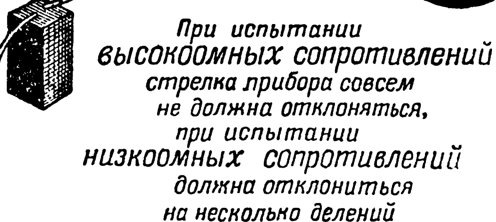
Источник тока и сопротивление подбираются так, чтобы при замыкании цепи пробника накоротко стрелка прибора отклонилась до конца шкалы

При испытании конденсаторов стрелка прибора не должна отклоняться Если емкость конденсатора велика, то стрелка после небольшого броска должна возвратиться к нулю

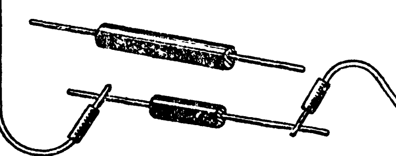


При испытании обмоток трансформаторов и дросселей низкой частоты стрелка прибора устанавливается между нулем и концом шкалы

При испытании высокоомных сопротивлений стрелка прибора совсем не должна отклоняться, при испытании низкоомных сопротивлений должна отклониться на несколько делений



При проверке отсутствия замыкания между обмотками или между обмоткой и сердечником трансформатора стрелка прибора не должна отклоняться



коволновых диапазонов. Вторые используются в длинноволновых диапазонах, а также в качестве дросселей, включаемых во вспомогательные цепи. Средневолновые катушки наматываются и тем и другим способом.

ОДНОСЛОЙНЫЕ КАТУШКИ. Однослойные катушки наматываются чаще всего на каркасе цилиндрической формы. В зависимости от длины обмотки и числа витков провод наматывается плотно — виток к витку, или же с так называемым принудительным шагом, т. е. с некоторым расстоянием между витками. В последнем случае для намотки можно применить неизолированный провод. Витки катушки должны плотно прилегать к поверхности каркаса и не смещаться в стороны.

Одну или несколько катушек можно намотать без станочка. Перед намоткой возле начала обмотки в каркасе делаются два отверстия, в которых закрепляется конец проволоки. Затем, одной рукой вращая каркас, а другой натягивая проволоку, ровно укладывают витки обмотки. По окончании намотки закрепляют второй конец проволоки таким же способом, как и начало катушки (рис. 1). Отводы от катушек, когда они необходимы, проще всего делать в виде петель, не обрывая наматываемого провода. Петли туго скручиваются и пропускаются через отверстия внутрь каркаса.

Если витки катушки должны наматываться принудительным шагом, то намотка ведется с дополнительной проволокой, ниткой или шнуром соответствующей толщины, которые наматываются одновременно с проволокой обмотки. По окончании намотки ненужная проволока или нитка сматывается с каркаса и между витками катушки остаются одинаковые по размерам свободные промежутки.

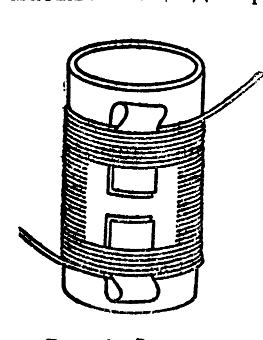


Рис. 1. Закрепление концов намотки.

Проволоку для намотки однослойных катушек можно применять разных диаметров, но число витков и длина намотки должны оставаться неизменными.

ПЛОСКИЕ КАТУШКИ. В простейших приемниках иногда применяются плоские, так называемые корзиночные катушки. Такие катушки наматываются на каркасе, изображенном на рис. 2.

Каркас изготовляется из толстого картона, тонкой фанеры или другого изоляционного материала. Число вырезов в каркасе может быть любое, но обязательно нечетное, так как иначе

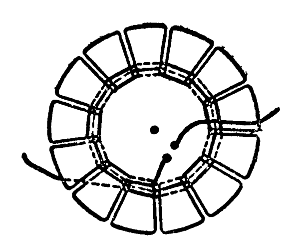


Рис. 2. Каркас для плоской катушки.

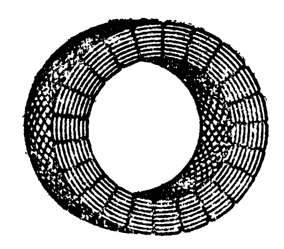


Рис. 3. Сотовая катушка.

не получится корзиночное расположение витков катушки. Глубину вырезов не следует делать более половины радиуса каркаса.

Витки катушки наматываются зигзагообразно через один вырез, а концы провода закрепляются в отверстиях каркаса. Общее число витков у такой катушки соответствует числу полных оборотов проволоки. У намотанной катушки общее число витков равно удвоенному числу витков, расположенных на одной из сторон каркаса.

На том же каркасе можно намотать катушку и с большим числом витков, если применить двойной шаг намотки. Для этого проволоку надо наматывать на каркас также зигзагообразно, как и в первом случае, но не через один, а через два выреза.

КАТУШКИ, НАМОТАННЫЕ «ВНАВАЛ». Величина индуктивности зависит от числа витков катушки. В контурах для настройки приемника на средневолновый и длинноволновый диапазоны применяются катушки с числом витков от нескольких десятков до нескольких сотен. Однослойные катушки с таким числом витков получаются громоздкими и занимают много места. Поэтому в современных приемниках применяются многослойные катушки с большим числом витков.

Преимущество многослойных катушек — их компактность. Но если многослойную катушку наматывать обычным способом, укладывая витки одного слоя параллельно виткам другого, то между витками образуется довольно большая собственная емкость, что нежелательно, ибо качество катушки при этом значительно ухудшается. Для уменьшения собственной емкости катушки применяются различные способы намотки. Самый простой способ, который часто используется в радиолюбительской практике,— это намотка катушек «внавал» (витки укладываются без соблюдения какого-либо порядка). Намотка «внавал» производится от руки на готовом каркасе между двумя щечками.

СОТОВАЯ КАТУШКА. Витки сотовой катушки (рис. 3) расположены в определенном

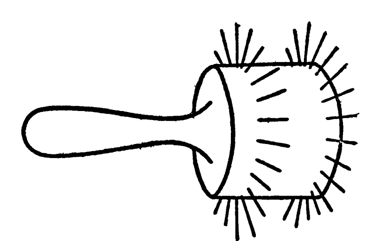


Рис. 4. Шаблон для намотки сотовой катушки.

порядке, вследствие чего собственная емкость ее сводится к малой величине.

Катушка наматывается на круглом деревянном шаблоне, изображенном на рис. 4. Диаметр шаблона чаще всего выбирают равным 50 *мм*. На поверхности шаблона просверливают тонким сверлом два ряда отверстий на глубину около 10 *мм*, в которые туго вставляют тонкие гвозди без шляпок.

Расстояние между рядами отверстий определяет ширину катушки и может быть взято любым, например 20—25 *мм*. Число отверстий для гвоздей в каждом ряду должно быть нечетным — от 17 и больше. Все отверстия каждого ряда должны быть расположены на равных расстояниях одно от другого, а соответствующие отверстия обоих рядов — друг против друга.

Разметку отверстий на шаблоне лучше всего делать так. Берется полоска миллиметровой бумаги, равная по длине окружности шаблона, а по ширине — ширине обмотки. Эта полоска по длине делится на число равных частей, соответствующее числу гвоздей в одном ряду. Затем полоска наклеивается на шаблон.

В каждом ряду гвозди нумеруются по порядку. Между рядами гвоздей прокладывается тонкая полоска картона, на которую наматывается катушка.

Провод наматывают на болванку зигзагообразно, т. е. он поочередно переходит с гвоздя одного ряда на гвоздь второго ряда через определенное число гвоздей.

Допустим, мы имеем шаблон с 25 гвоздями, в каждом ряду решили вести намотку через 13 гвоздей. Тогда, укрепив конец провода на гвозде *1* в первом ряду, ведем проволоку наискось через 13 гвоздей к гвоздю *14* второго ряда. Обогнув этот гвоздь, ведем провод к гвоздю *2* первого ряда, а от него к гвоздю *15* второго ряда и т. д. Схема намотки такой сотовой катушки показана на рис. 5.

Наматывать можно и с любым другим шагом, например, через 12, 7 или 6 гвоздей.

При намотке надо следить за тем, чтобы проволока ложилась виток к витку рядом и ровно; для этого проволоку необходимо все время натягивать. По окончании намотки ка-

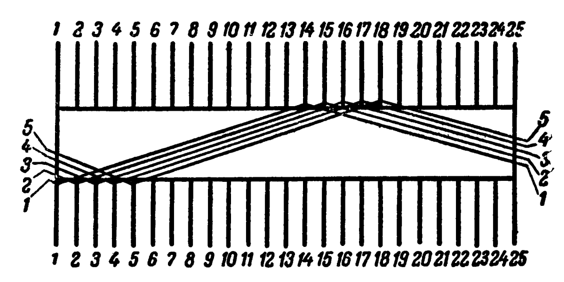


Рис. 5. Схема намотки сотовой катушки.

тушка слегка пропитывается жидким раствором шеллака или в отдельных местах склеивается коллодием; затем гвозди выдергиваются и готовая катушка снимается с шаблона.

Витком катушки считается один полный оборот провода вокруг шаблона.

КАТУШКИ ТИПА «УНИВЕРСАЛЬ». В современных приемниках чаще всего применяются многослойные катушки «универсальной намотки». Такие катушки похожи на сотовые, но отличаются от них большей плотностью расположения витков и, следовательно, меньшими размерами. Они очень компактны и наматываются без шаблона на специальных станочках. Витки катушки располагаются зигзагообразно плотными рядами и перекрещиваются при одном обороте в двух или четырех местах.

Катушки универсальной намотки можно наматывать и без станка, непосредственно от руки. С первого раза обычно не удается хорошо намотать такую катушку, но после трех-четырех намоток все же можно получить удовлетворительные результаты.

Катушка наматывается на бумажное колечко, надетое плотно на картонный каркас. Ширина колечка должна быть несколько больше, чем ширина наматываемой катушки. Для правильной укладки витков вдоль каркаса и на краях колечка надо провести две диаметрально противоположные ориентировочные прямые линии *а* и *б*, а по краям самого колечка — две окружности *в* и *г*, расстояние между которыми соответствует ширине катушки (рис. 6).

Намотка производится согласно рис. 7.

Сначала укрепляют на каркасе провод и переводят его на колечко так, чтобы начало витка приходилось на одной из размеченных линий *I*, а затем косым переходом доводят

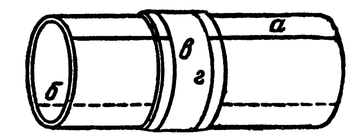


Рис. 6. Размотка шаблона и кольца для катушек типа «Универсаль».

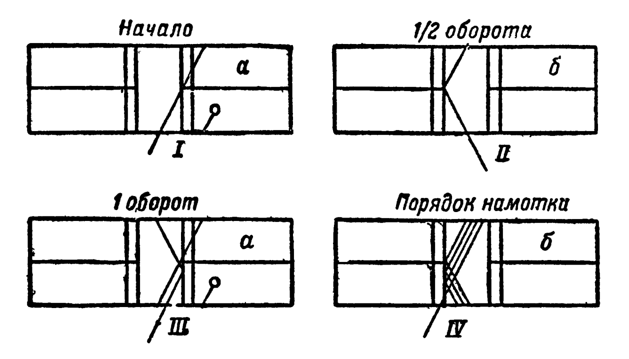


Рис. 7. Схема намотки катушек типа «Универсаль».

провод до противоположной линии, сгибают его и снова ведут к первой линии *II*. Следующий виток укладывают так, чтобы перегиб провода проходил через первый виток и прижимал его, а провод витка шел бы дальше параллельно первому витку *III*. Далее укладывают витки в том же порядке, т. е. вращая каркас, наматывают провод косыми переходами, сгибают его в местах переходов и ведут параллельными рядами таким образом, чтобы каждые последующие половины витков заходили на изгибах за предыдущие и прижимали их к колечку. Для того, чтобы первые витки не сползали с колечка, их надо приклеить к нему лаком.

При намотке необходимо следить за тем, чтобы ширина всех слоев катушки была одинаковой, для чего надо равномерно прижимать все витки в местах их переходов.

КАТУШКИ ОБРАТНОЙ СВЯЗИ. В приемниках с обратной связью применяются дополнительные катушки, индуктивно связываемые с катушками контура. Эти дополнительные катушки называются катушками обратной связи. Чаще всего катушки контура и катушки обратной связи располагаются на одном каркасе.

Индуктивность или число витков катушек обратной связи не являются точными расчетными величинами и могут быть несколько изменены в ту или другую сторону. Важно лишь, чтобы связь между катушками была достаточной и чтобы концы катушек были включены правильно.

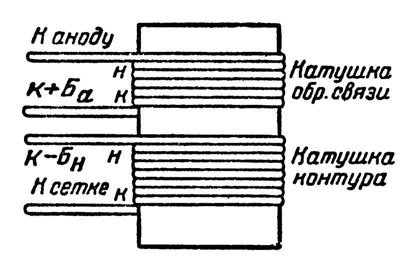


Рис. 8. Правильное включение катушек обратной связи.

Правильное включение катушек контура и обратной связи показано на рис. 8: обе катушки расположены на одном каркасе и намотаны в одинаковом направлении. В этом случае крайние, удаленные концы катушек подключаются к сетке и к аноду лампы.

РАЗМЕЩЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ НА ШАССИ[1]

Рациональное расположение деталей на шасси является, пожалуй, самым ответственным этапом в конструкторской работе радиолюбителя, потому что от правильного размещения деталей в большой степени зависит качество работы приемника.

В любом даже наиболее простом радиоприемнике взаимное расположение деталей обусловлено особенностями данной конструкции. И хотя при монтаже возможны различные варианты размещения деталей, каждый из них должен подчиняться определенным правилам.

Расположение деталей должно обеспечивать удобство монтажа и компактность конструкции приемника, а также простоту обращения с ним. Все детали должны быть доступны для осмотра, проверки и ремонта.

До изготовления шасси следует на листе бумаги сделать разметку правильного расположения отобранного и проверенного комплекта деталей. Их надо располагать так, чтобы соединительные проводники получались возможно короче и чтобы между ними не могла возникать вредная электрическая связь. Для этого проводники сеточной и анодной цепей лампы надо располагать возможно дальше и под прямым углом друг к другу.

Затем, площадь, занимаемая всеми деталями на бумаге, очерчивается прямыми линиями, которые и определят размеры будущего шасси. Полученный эскиз служит разметочным чертежом при изготовлении шасси.

На горизонтальной части шасси обычно располагаются ламповые панельки, детали колебательных контуров, силовой трансформатор, электролитические конденсаторы и ряд других крупных деталей. На передней вертикальной стенке монтируются детали, имеющие ручки управления: переключатель диапазонов, регуляторы громкости и тембра, шкальные устройства и т. д. На задней стенке устанавливаются гнезда или зажимы для антенны, заземления, звукоснимателя, дополнительного громкоговорителя и пр.

По возможности детали надо устанавливать так, чтобы их выводные контакты находились

---
[1] «Радио», 1950, № 3.

с внутренней стороны шасси и были удобно расположены для выполнения монтажа. Детали, относящиеся к одному каскаду, следует группировать около своей лампы, с тем, чтобы соединительные проводники получались наиболее короткими.

Рассмотрим размещение деталей на шасси конкретной радиолюбительской конструкции — приемника типа РЛ-1 (см. рис. 4 и 5 на стр. 192 и 193).

В данном приемнике агрегат конденсаторов переменной емкости установлен в середине горизонтальной части шасси, хотя такое его расположение не является единственно возможным. Решение этого вопроса зависит от типа выбранной шкалы настройки, а также от общего конструктивного оформления приемника.

Современные шкалы настройки можно разделить на два основных вида. К первому относятся шкалы, у которых указательная стрелка крепится непосредственно на оси конденсатора переменной емкости. Следовательно, расположение такой шкалы связано с местом установки последнего. У шкал второго вида указательная стрелка связывается с осью конденсатора не непосредственно, а при помощи тросика. Такую шкалу практически можно располагать в любом месте.

Конструктивное оформление приемника также может быть двух видов: горизонтальное и вертикальное. В первом случае шкала настройки и громкоговоритель располагаются рядом, а во втором — громкоговоритель монтируется над или под шкалой.

Шкалу следует устанавливать так, чтобы было удобно наблюдать за перемещением стрелки при настройке приемника. В настольных конструкциях она должна располагаться на высоте 10—20 *см* от нижнего края футляра приемника, а в конструкциях консольного типа на 90—110 *см* от пола. Все ручки управления приемником надо устанавливать под шкалой.

Рассмотрим теперь расположение контуров для настройки и их деталей.

Кроме катушек индуктивности и конденсаторов переменной емкости, деталями контуров являются переключатель диапазонов, подстроечные конденсаторы, сопротивления и постоянные конденсаторы развязок.

В рассматриваемой конструкции (см. рис. 4 на стр. 192) катушки входного контура L_3—L_6 и катушки гетеродина L_9—L_{12} размещены на верхней панели шасси, что обеспечивает минимальную длину проводников, соединяющих эти катушки с соответствующими контактами переключателя. С этой же целью переключатель диапазонов расположен непосредственно под катушками.

Если в схеме приемника имеется каскад усиления высокой частоты, то катушки этого каскада и преобразователя частоты должны быть разделены экраном. В подобных случаях катушки каскада высокой частоты размещаются сверху шасси (если оно металлическое), а контуров преобразователя — под шасси, которое служит экраном, устраняющим взаимную связь между этими катушками.

Иногда конструктору приходится все названные катушки устанавливать рядом, в непосредственной близости друг к другу. Тогда во избежание вредных электрических связей каждую катушку помещают в отдельный металлический экран.

Для предварительной настройки контуров параллельно катушкам присоединяются подстроечные конденсаторы (в данном случае C_3 и C_4). С целью укорочения соединительных проводников их располагают на шасси между контурными катушками.

В высокочастотном узле рассматриваемого приемника агрегат конденсаторов переменной емкости расположен несколько в стороне от катушек. Напрашивается вопрос: не следует ли приблизить этот агрегат к катушкам, хотя бы за счет отдаления переключателя диапазонов?

Такое решение задачи нельзя считать правильным. Дело в том, что агрегат конденсаторов соединяется со схемой всего только четырьмя проводниками, два из которых заземляются. К переключателю же диапазонов подходит значительно большее число проводов (в данном случае больше десяти). Следовательно, для сокращения общей длины монтажных проводников выгоднее располагать катушки всех контуров как можно ближе к переключателю диапазонов. При этом каждая катушка должна иметь отдельный экран.

Катушки гетеродина надо размещать по возможности дальше от нагревающихся во время работы деталей, поскольку частота колебаний гетеродина сильно зависит от температуры. В крайнем случае их следует отделять от нагревающихся деталей перегородками из материала с низкой теплопроводностью.

В данном приемнике все детали высокочастотных контуров расположены так, что своими контактными выводами они припаиваются непосредственно к переключателю, и поэтому надобность в соединительных проводниках отпадает. Этим устраняется возможность возникновения паразитных связей.

За преобразовательным каскадом в супергетеродинном приемнике следует усилитель промежуточной частоты. Каждый каскад тако-

го усилителя обычно состоит из трансформатора промежуточной частоты, усилительной лампы и ряда вспомогательных деталей (постоянных сопротивлений и конденсаторов).

В рассматриваемой схеме имеются два трансформатора промежуточной частоты, которые включаются между преобразовательной лампой 6А8 и детекторной лампой 6Г7. Собственно усилителем промежуточной частоты является лампа 6К7. Трансформатор $Тр_1$ и лампа 6К7 с целью укорочения соединительных проводников располагаются рядом. Все прочие детали, входящие в данный каскад, должны быть расположены ближе к лампе.

Особое место в конструкции занимают такие детали, как регуляторы громкости, тембра, обратной связи (в приемниках прямого усиления), которые не всегда удается монтировать с соблюдением указанных выше правил; эти детали обычно приходится помещать на передней стенке шасси. При выборе места для них следует считаться с удобством взаимного расположения ручек управления.

Ручку регулятора громкости или обратной связи (в приемниках прямого усиления) удобнее помещать левее ручки настройки. Именно так расположена эта ручка в разбираемом приемнике РЛ-1.

Лампы усиления низкой частоты (если их несколько) располагаются рядом, а все детали, относящиеся к одному каскаду усиления низкой частоты,— по возможности ближе к ламповой панельке. Регуляторы громкости и тембра соединяются со схемой экранированным (в металлической оплетке) проводом.

Лампы каскадов предварительного усиления низкой частоты во избежание появления фона переменного тока надо располагать по возможности дальше от силового трансформатора и дросселя фильтра.

В приемнике РЛ-1 первая лампа усиления низкой частоты (6Г7) установлена в непосредственной близости от силового трансформатора, что является отступлением от изложенного выше правила. Такое расположение может явиться причиной возникновения фона переменного тока.

Междуламповые трансформаторы низкой частоты надо размещать возможно дальше от выходного и силового трансформаторов и устанавливать так, чтобы их сердечники были расположены перпендикулярно к сердечникам указанных трансформаторов.

Все детали выпрямительной части приемника (силовой трансформатор, кенотрон, сглаживающий фильтр) устанавливаются в одном месте и возможно ближе друг к другу. Однако поскольку кенотрон во время работы сильно нагревается, то нельзя устанавливать в непосредственной близости к нему конденсаторы фильтра.

Нельзя также располагать выпрямитель вблизи деталей детекторного каскада, а также в непосредственной близости к контурным и гетеродинным катушкам. Поэтому в приемнике РЛ-1 выпрямитель расположен на противоположной по отношению к высокочастотной части приемника стороне шасси. Такое расположение надо считать наиболее правильным.

Затратив некоторое время на выбор наиболее целесообразного варианта расположения деталей, можно значительно упростить монтаж приемника и избежать затруднений при его налаживании.

СОЕДИНЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ В СХЕМУ[1]

Приемник — сложное устройство. Его действие связано с прохождением разного рода токов по различным участкам схемы. Для направления этих токов по своему пути служат те или иные детали, соединенные проводами.

Число соединений в любом приемнике составляет несколько десятков и даже сотен, и каждое соединение должно быть сделано правильно. Эту часть монтажной работы надо выполнять очень внимательно, не спеша, проверяя каждое соединение, иначе можно перепутать монтаж и сделать соединение не там, где это нужно, а это приведет в конечном счете к весьма неприятным последствиям.

Для соединения деталей используется обычно одножильный медный изолированный провод диаметром от 0,5 до 1 *мм* или же многожильный провод такого же диаметра. Очень удобно применять для этого луженый монтажный провод, который не требует никакой подготовки при пайке.

Соединения можно делать и голым проводом, однако при этом длинные провода, идущие к недостаточно жестко укрепленным контактам и к другим проводам, следует хорошо укрепить на изолированных стоечках. Кроме того, проводники надо располагать так, чтобы они не могли замкнуться между собой.

Известно, что любой проводник обладает не только активным сопротивлением, но также индуктивностью и емкостью по отношению к

[1] Ф. И. Тарасов, Практика радиомонтажа (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1949.

соседним проводникам. Благодаря этому переменные токи высокой и звуковой частоты, проходя по соединительным проводам, создают в окружающем пространстве изменяющиеся электрические и магнитные поля, которые действуют на другие соединительные провода, возбуждая в них переменные напряжения. Эти напряжения в большинстве случаев не нужны, вернее даже вредны для нормальной работы приемника.

Чем длиннее соединительные провода и чем меньше расстояния между ними, тем большее влияние оказывают они друг на друга. Кроме того, взаимодействие между проводами проявляется особенно сильно, если они расположены параллельно друг другу. К сожалению, очень трудно собрать приемник без соединительных проводов. Но рационально продуманный и хорошо выполненный монтаж позволяет сократить до минимума общее их число.

При хорошо продуманном размещении и взаимном расположении деталей даже в сложной конструкции можно ограничиться применением сравнительно небольшого числа соединительных проводов. Для примера остановимся на установке ламповых панелек в приемнике. Если эти панельки располагать в произвольном порядке, то некоторые их контакты приходится соединять с отдельными деталями проводами. Между тем, при другом, более удачном расположении те же контакты панелек можно припаивать непосредственно к концам нужной детали без каких бы то ни было соединительных проводов.

На рис. 1 изображена часть принципиальной схемы лампового приемника, а на рис. 2 показана соответствующая ей часть монтажной схемы. Здесь видно, что при таком расположении ламповых панелек можно избежать некоторых монтажных проводов, заменив их сопротивлениями и конденсаторами, выводные концы которых сами соединяют нужные контакты деталей.

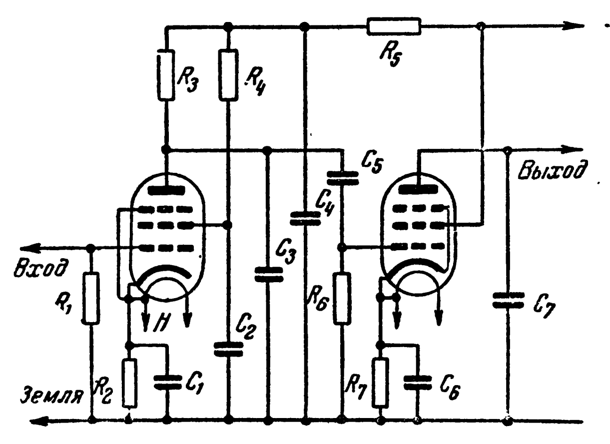


Рис. 1. Часть принципиальной схемы.

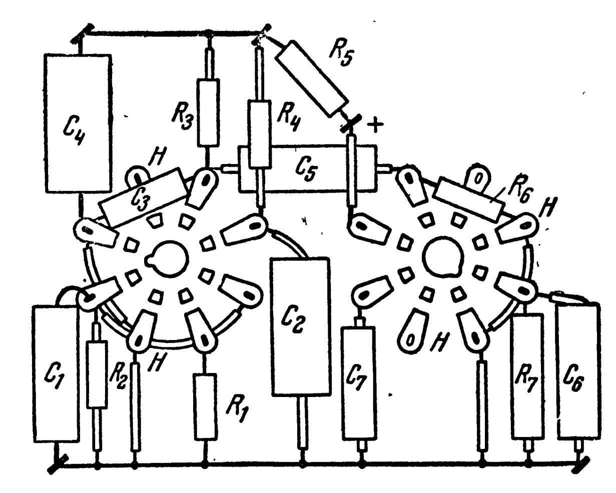


Рис. 2. Часть монтажной схемы.

Большое число соединительных проводов особенно нежелательно в сложных многоламповых приемниках. При их сборке надо избегать применения лишних монтажных проводов и там, где это возможно, сопротивления и конденсаторы следует припаивать непосредственно к соответствующим участкам и узлам монтажной схемы приемника.

Соединительные провода нужно располагать так, чтобы емкостная связь между отдельными цепями схемы была минимальной. Особое внимание следует обращать на провода, идущие от анодов и управляющих сеток ламп.

В радиолюбительских конструкциях нередко наблюдается самовозбуждение отдельных каскадов приемника вследствие воздействия на сеточные цепи таких каскадов их же собственных анодных цепей. Такая вредная связь между анодными и сеточными цепями обычно получается за счет емкостной связи между проводами этих цепей. В супергетеродинных приемниках, кроме того, опасными в смысле возникновения самовозбуждения являются также проводники цепи автоматического регулирования усиления и провода, идущие от сопротивления нагрузки второго детектора к управляющей сетке лампы усилителя низкой частоты. Опасной является также связь между контурами усилителя промежуточной частоты и входным контуром приемника. Эта связь особенно сильно проявляется на самых высоких частотах длинноволнового диапазона и на самых низких частотах средневолнового диапазона. Устранить или свести к минимуму подобного рода вредные связи можно рациональным расположением соответствующих соединитель-

ных проводов. Провода, во-первых, следует развести возможно дальше один от другого и, во-вторых, их надо разместить так, чтобы они не шли параллельно.

Сеточные провода высокочастотных цепей не рекомендуется располагать близко от металлического шасси, так как при этом увеличивается емкость контуров.

Расположение проводов низкочастотных цепей в основном подчиняется тем же правилам. Наиболее опасной может быть связь между входными и выходными цепями усилителя низкой частоты. Так, например, близко расположенные и параллельно идущие провода к граммофонному звукоснимателю и динамику способны вызвать самовозбуждение на низкой частоте. Для того, чтобы этого не произошло, названные провода надо разнести как можно дальше друг от друга.

Влияние одной цепи на другую можно значительно уменьшить, если пару проводов одной цепи (например, провода, идущие от выходного трансформатора, провода сети переменного тока, провода накала сетевых ламп и т. п.) свить наподобие шнура. Этот простой прием очень полезен, так как при этом заметно повышается устойчивость работы приемника. Однако не следует такой метод применять для цепей, имеющих большое сопротивление, например для сеточных цепей.

Провода питания, несущие постоянный ток, в большинстве случаев имеют развязывающие ячейки, и связь отдельных цепей через эти провода, не опасна; поэтому их можно располагать рядом, в непосредственной близости к корпусу (шасси), и вести их в общем жгуте.

Рассматривая схему приемника, легко заметить, что значительная часть его деталей соединяется группами в общих точках схемы, причем по крайней мере четвертая часть всех соединений приходится на корпус. Если бы детали были расположены близко друг к другу, их можно было бы соединить в одной точке короткими проводами. Но это невыполнимо, так как невозможно сгруппировать детали приемника в одном месте. Соединить их длинными проводами тоже нельзя, потому что при этом увеличивается опасность вредной связи. Поэтому приходится прокладывать общий соединительный провод, располагая его так, чтобы нужные контакты деталей можно было соединить с ним кратчайшим путем. При этом необходимо соблюдать следующее условие: чтобы избежать паразитных связей между отдельными ступенями приемника через общий соединительный провод, надо детали каждой ступени (они обычно сгруппированы около своей

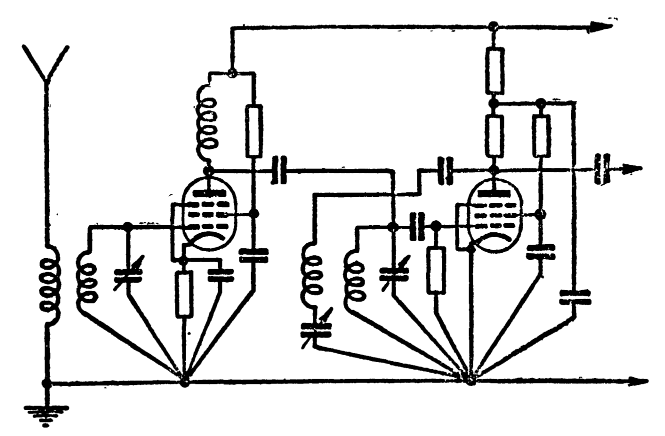


Рис. 3. Соединения в одной гочке.

лампы) соединять в одной ближайшей точке этого провода.

На рис. 3 изображена часть схемы приемника и показано, как нужно соединять детали каскадов в одной точке. Здесь высокочастотный каскад имеет свою точку общего минуса, а детекторная — свою. Эти точки, в свою очередь, соединены вместе проводом, идущим к контакту заземления.

Провод заземления, представляющий собой шинку, к которой припаиваются концы соответствующих деталей, прокладывается в нужных направлениях и прикрепляется к шасси в нескольких точках. Для этого он обычно припаивается к лепесткам шасси и к контактам деталей. Использовать вместо провода металл шасси не рекомендуется, так как при этом очень трудно обеспечить достаточно надежный контакт.

Общие провода других цепей (например, плюсовый провод анодного напряжения) прикрепляются к шасси на изолированных стоечках.

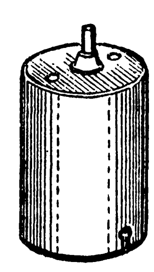
Иногда соединения высокочастотных или низкочастотных цепей вследствие особенностей схемы и конструкции приемника нельзя выполнить короткими проводами и вместе с этим не представляется возможным расположить соединительные провода, так как это требуется по правилам монтажа. В таких случаях провода экранируются.

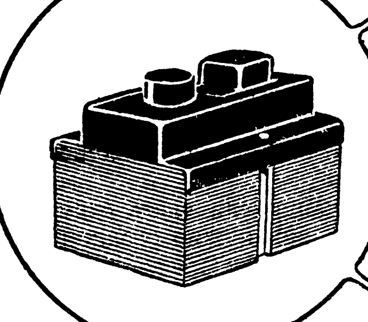
На принципиальной схеме экран изображается в виде пунктира или же в виде заземленного колечка, окружающего соединительный провод. Но чаще всего на схеме этого нет, и тогда вопрос экранирования приходится решать самому радиолюбителю.

При хорошо продуманном монтаже в приемнике обычно экранируются только отдельные входные провода (если они сравнительно длинные и проходят близко от силовых цепей). Та-

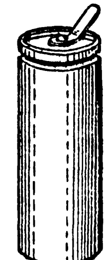
Помни, что при монтаже приемника...

... надо монтировать катушку гетеродина дальше от силового трансформатора; при их близости снижается стабилность частоты гетеродина из-за нагревания катушки.

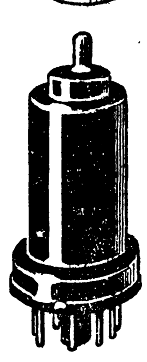


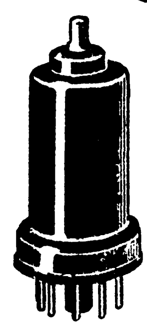


... надо монтировать электролитические конденсаторы дальше от силового трансформатора; они от нагревания портятся.

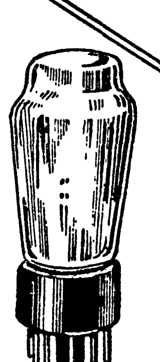


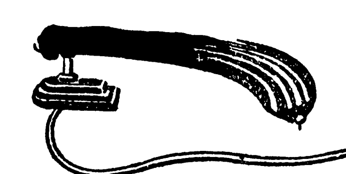
... не надо монтировать лампу первого каскада усиления низкой частоты близко от силового трансформатора; при их близости возникает фон.



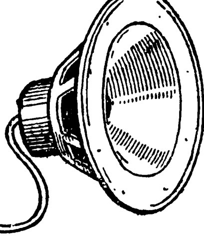


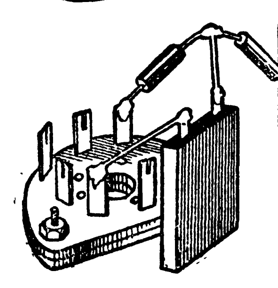
...надо монтировать первую лампу усиления низкой частоты дальше от кенотрона, иначе возникает фон.





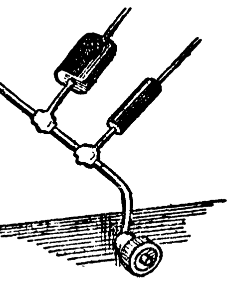
... надо далеко разносить провода от звукоснимателя и динамика, иначе возникнет самовозбуждение на низкой частоте.





...надо развязывающие сопротивления и конденсаторы монтировать возле ламповой панельки.

... надо заземляющиеся по схеме детали припаивать к проводу заземления, а не к шасси.



кими проводами могут оказаться сеточные выводы, идущие к колпачкам ламп, проводник, соединяющий сетку первой лампы усилителя низкой частоты с регулятором громкости, и провод, идущий от граммофонного звукоснимателя к приемнику.

Экранируя сеточные провода высокочастотных цепей, нужно иметь в виду, что экран увеличивает емкость таких цепей. Если емкости контуров в цепи сеток малы, то применение экранированных проводов будет сильно отражаться на настройке контуров. Поэтому экранированные проводники также желательно делать по возможности короткими и применять их только при действительной необходимости.

Если провода от анода и сетки лампы хотя и коротки, но в силу необходимости находятся близко один от другого, между ними лучше всего поместить металлическую экранную перегородку, прикрепив ее прямо к шасси. Во всех других случаях приходится экранировать сам провод, надевая на него металлическую оболочку и заземляя последнюю.

Работа по соединению деталей проводами в основном состоит из укладки этих проводов и припайки их к соответствующим контактам. С точки зрения удобств и быстроты выполнения этой работы соединять детали следует в определенном, последовательном порядке.

Сначала рекомендуется приготовить из толстого голого медного провода шинку для заземления, полудив всю поверхность проводника. Шинка обычно состоит из нескольких соединенных между собой кусков провода. Она располагается на шасси, а ее концы расходятся в различных направлениях.

Затем укладываются все экранированные провода, оболочка которых тут же соединяется с заземляющей шинкой: устанавливаются на изолированных стоечках шинки цепей питания, прокладываются свитые вместе изолированные провода для накала ламп.

После этого присоединяются все остальные провода.

Провода цепи накала должны быть сравнительно толстыми, диаметром 0,8—1,5 *мм*. Они припаиваются к соответствующим лепесткам ламповых панелек, причем один из проводов должен быть обязательно заземлен. Заземление накального провода следует делать в нескольких местах, соединяя для этого накальный лепесток каждой панельки с общей точкой своего каскада. Второй незаземленный лепесток накала в высокочастотных каскадах рекомендуется соединять с той же точкой через конденсатор емкостью около 5 000 *пф* (на схемах это не указывается). Использовать металл шасси приемника в качестве одного из проводов цепи накала нельзя.

Провода питания должны быть хорошо изолированы и уложены прямо на основание шасси. Это в значительной степени облегчит монтаж и даст возможность аккуратно расположить все провода, занимая ими небольшое место.

Контурные проводники, по которым проходят токи высокой частоты и которые могут создать нежелательную емкость с шасси, надо укладывать в отдалении от металлических частей деталей и основания шасси.

Если какие-либо общие провода (провода анодного питания, АРУ и т. п.) получаются длинными, то соединять цепи отдельных каскадов приемника этими проводами надо через развязывающие фильтры.

Подключив все соединительные провода к соответствующим контактам деталей, приступают к соединению остальных деталей, которые можно подключать (припаять) непосредственно друг к другу своими выходными концами.

ЛИТЕРАТУРА

Книги

С. М. Герасимов, Расчет радиолюбительских приемников (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1951.

Упрощенный электрический расчет детекторных радиоприемников, приемников прямого усиления и супергетеродинов. Конструктивный расчет ряда деталей.

Б. А. Левандовский, Шкалы и верньерные устройства (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1952.

Описание различных типов шкал и верньеров, расчет их элементов, выбор шкал в зависимости от конструкции и внешнего оформления приемника.

Радиолюбительские конструкции (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1953.

Библиографический справочник описаний радиолюбительских конструкций, помещавшихся в журналах и отдельных книгах с 1946 по 1953 г. Кроме библиографических сведений книга содержит аннотации о схеме и основных особенностях каждой конструкции.

В. К. Лабутин, Книга радиомастера (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1955.

Учебно-справочное пособие для радимастеров ремонтных мастерских. Содержит сведения по установке, ремонту, налаживанию и испытанию радиовещательных приемников и усилительных устройств, электрорадиотехническим расчетам, электротехническим материалам, слесарному делу и по организации радиоремонтных мастерских.

Ю. В. Костыков, Л. Н. Ермолаев, Первая книга радиолюбителя, Воениздат, 1955.

Главы 15, 16, 17 посвящены изготовлению радиоприемника, его налажаиванию и оборудованию мастерской радиолюбителя.

С. И. Бодак, А. А. Лушников, Г. Г. Тулаев и И. М. Элькин, Руководство по монтажу радиоаппаратуры, издание второе, переработанное, Госэнергоиздат, 1956.

Книга предназначена для обучения и повышения квалификации монтажеров-сборщиков приемной, усилительной и другой радиоаппаратуры. В ней приводятся сведения по технологии сборки и монтажа аппаратуры различного назначения, даются указания по выбору инструмента и организации рабочего места. Отдельные разделы книги посвящены описанию монтажных материалов и деталей.

К. А. Шульгин, Конструирование любительских коротковолновых радиоприемников (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1953.

Описание особенностей отдельных узлов коротковолновых радиоприемников. Приведены практические указания по составлению схем и конструированию простых и сложных радиоприемников.

Л. В. Кубаркин, Мастерская радиолюбителя, Издательство ДОСААФ, 1956.

Брошюра посвящена описанию оборудования, необходимого для того, чтобы заниматься радиолюбительством. В ней говорится о монтажном, слесарном и столярном инструменте, необходимых материалах, проводах, крепежных и других подсобных материалах.

М. Савостьянов, Пособие для радиомастера, Издательство ДОСААФ, 1956.

В первой части книги разобраны отдельные вопросы из курса электротехники и радиотехники. Вторая часть книги посвящена ремонту радиоаппаратуры. В ней даны практические указания по оборудованию рабочих мест, использованию монтажного и слесарного инструмента, измерительных приборов.

Наиболее подробно освещены вопросы, связанные с ремонтом радиодеталей, методикой определения и устранения неисправностей в приемнике и передатчике.

Справочник радиолюбителя (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1957, издание второе, дополненное.

Основные справочные сведения из математики, электроники, радиотехники, звукозаписи и телевидению, необходимые для расчета и конструирования любительских радиоприемных устройств.

Статьи

В. Луговой, О. Молочинский, Расчет входного устройства радиовещательного супергетеродинного приемника, «Радио», 1955, № 8.

Н. Зыков, Монтаж радиоаппаратуры, «Радио», 1956, № 8 и 9.



ГЛАВА ОДИННАДЦАТАЯ

НАЛАЖИВАНИЕ РАДИОПРИЕМНИКА И УСТРАНЕНИЕ НЕИСПРАВНОСТЕЙ



ПРОВЕРКА МОНТАЖА ПО ПРИНЦИПИАЛЬНОЙ СХЕМЕ [1]

По окончании монтажа приемника необходимо произвести его проверку. Обычно такая проверка производится по той же принципиальной схеме, по которой производился и монтаж. Однако опыт показывает, что когда проверку производит то же лицо, которое монтировало приемник, то ошибки, допущенные в монтаже, проходят часто незамеченными, т. е. снова повторяются; поэтому проверку по схеме нужно производить весьма тщательно.

Особенное внимание следует обратить на то, чтобы все соединения были сделаны надежно, прочно и имели хороший контакт. Надо устранить в монтаже не предусмотренные схемой касания деталей и проводов друг с другом и механически непрочные места.

Весьма полезной оказывается дополнительная проверка монтажа по так называемой «карте» или «диаграмме сопротивлений». Сущность этого метода проверки заключается в том, что с помощью омметра измеряется сопротивление участков схемы, лежащих между отдельными ламповыми гнездами и шасси, т. е. сопротивление постоянному току между электродами лампы и заземлением. Для некоторых промышленных типов приемников такие диаграммы давались в их описаниях. Для приемника, собираемого по новой схеме, такую диаграмму можно без особого труда составить заранее.

В качестве примера рассмотрим часть схемы приемника «Электросигнал-2», приведенную на рис. 1.

Проследим цепь управляющей сетки лампы 6К3 усилителя промежуточной частоты. Эта цепь для постоянного тока состоит из катушки контура промежуточной частоты L_{15}, сопротивления R_{16} и сопротивления R_{18}, соединенного последовательно с R_{16} и идущего на землю. Активное сопротивление катушки L_{15} ничтожно по сравнению с R_{16} и R_{18}. Поэтому сопротивление участка «гнездо сетки лампы 6К3 — земля» равно $R_{16}+R_{18}=2{,}2+1=3{,}2$ *Мом.*

Между гнездом экранной сетки и землей сопротивление равно бесконечности. Между гнездом защитной сетки и землей сопротивление должно равняться нулю. То же будет и между гнездом катода и землей, между одним из гнезд накала и землей.

Гнездо накала H_2 соединено с землей через накальную обмотку силового трансформатора. Поэтому сопротивление этого участка равно сопротивлению обмотки накала.

В цепь анода лампы 6К3 включена катушка L_{16} и последовательно с ней сопротивление R_{12}. На землю оно не идет, поэтому сопротивление участка «гнездо анода—шасси» должно равняться бесконечности.

Можно проверить сопротивление между анодными гнездами ламп 6К3 и 6Г7. Здесь последовательно включены катушка L_{16} и сопротивления R_{12} и R_{15}. Следовательно, суммарное сопротивление равно $R_{12} + R_{15} = 1\,000 + 200\,000 = 201\,000$ *ом* (сопротивлением L_{16} можно пренебречь).

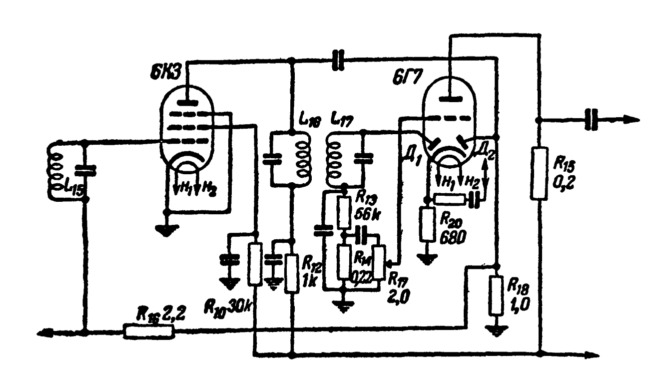


Рис. 1. Схема усилителя промежуточной частоты и детекторного каскада приемника «Электросигнал-2».

[1] Е. А. Левитин, Налаживание приемников, Госэнергоиздат, 1949.

Точно так же определяем сопротивление участка «управляющая сетка лампы 6Г7—шасси», которое оказывается равным включенной части переменного сопротивления R_{17}, т. е. от 0 до 2 *Мом.*

Сопротивление участка «гнездо анода диода $Д_1$—шасси» равно $R_{13} + R_{14} = 56\,000 + 220\,000 = 276\,000$ *ом* (пренебрегая сопротивлением L_{17}). Сопротивление участка «гнездо анода второго диода $Д_2$—шасси» равно $R_{18} = 1$ *Мом.* Сопротивление участка «гнездо катода—шасси» будет $R_{20} = 680$ *ом* и т. д.

В результате такого рассмотрения схемы легко составить несложную таблицу, пользуясь которой можно произвести дополнительную проверку правильности монтажа.

Лампа	Участок схемы	Сопротивление участка
6К3	Нить накала $Н_1$ — шасси	0
	Нить накала $Н_2$ — шасси	Обмотка накала
	Катод — шасси	0
	Управляющая сетка — шасси	3,2 *Мом*
	Экранная сетка — шасси	∞
	Анод — шасси	∞
	Анод — экранная сетка	31 *ком*
6Г7	Нить накала $Н_1$ — шасси	0
	Нить накала $Н_2$ — шасси	Обмотка накала
	Управляющая сетка — шасси	0—2 *Мом*
	Диод $Д_1$ — шасси	276 *ком*
	Диод $Д_2$ — шасси	1 *Мом*
	Катод — шасси	680 *ом*
	Анод — анод 6К3	201 *ком*

Подобным же образом составляются таблицы для всех ламп.

В некоторых случаях в измеряемом участке может оказаться два сопротивления R_1 и R_2, включенных параллельно. В этом случае результирующее сопротивление подсчитывается по формуле

$$R_{общ} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}.$$

Проверка по карте сопротивлений ценна тем, что дает одновременно с проверкой правильности монтажа проверку величины и правильности включения всех сопротивлений. Этот способ не позволяет, однако, обнаружить короткое замыкание на участке с малым сопротивлением (например, в контурных катушках).

Обычно после проверки по карте сопротивлений можно уверенно вставлять лампы, включать приемник в сеть и приступать к налаживанию.

При работе с приемником, питаемым от батарей, особенно тщательно следует проверять цепи накала, чтобы на них не попадало по ошибке анодное напряжение. Для этого вольтметр включается в гнезда накала и к приемнику подключается батарея накала. Вольтметр покажет ее напряжение. Затем эта же батарея накала подключается к зажимам анодной батареи вместо последней. Стрелка вольтметра не должна отклоняться. Если вольтметр дает какие-либо показания, значит, в монтаже допущена ошибка.

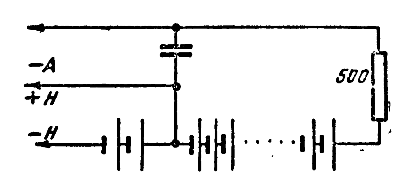


Рис. 2. Схема включения предохранительного сопротивления в цепь анодной батареи.

Проверку по диаграмме сопротивлений для таких приемников нужно производить обязательно при отключенных батареях. Весьма полезно включить в цепь анодной батареи последовательно сопротивление 500—1 000 *ом* (рис. 2), которое предохраняет от пережигания анодным напряжением нити ламп.

УКАЗАНИЯ ПО НАЛАЖИВАНИЮ ПРИЕМНИКА[1]

В процессе монтажа приемника любитель может допустить ошибку: неправильно присоединить какую-либо деталь, неправильно включить концы трансформатора или катушки и т. д. При допущении таких ошибок приемник или совсем не будет работать или будет работать плохо.

Бывает также, что приобретенные случайно детали устанавливаются в монтируемый приемник без предварительной их проверки и среди них попадают недоброкачественные детали, нарушающие работу аппарата.

Существует ряд определенных признаков неисправности деталей и узлов в различных частях схемы. Зная эти признаки и умело используя их, можно сразу же определить, в какой части схемы приемника имеется погрешность или неисправность.

Если эти признаки недостаточно характерны и сразу не указывают на вид повреждения, то последнее отыскивается путем последовательной проверки приемника по частям.

Встречающиеся в приемниках неисправности настолько разнообразны и многочисленны, что описать здесь все и указать конкретный способ нахождения каждой из них невозмож-

[1] В. В. Енютин, Шестнадцать радиолюбительских схем, Госэнергоиздат, 1951.

но, тем более, что в различных схемах и типах приемников эти неисправности проявляются различным образом.

ПРОВЕРКА И ПОДБОР ПРАВИЛЬНОГО РЕЖИМА ПИТАНИЯ ЛАМП. Приступая к испытанию приемника с питанием от сети, необходимо прежде всего удостовериться, что напряжение в сети нормальное. Затем надо при включенном приемнике измерить постоянное напряжение на выходе выпрямителя и общий анодный ток. Это сразу даст уверенность в том, что выпрямитель работает нормально.

Далее надо проверить напряжения сеточных смещений. Измерение этих напряжений следует производить на сопротивлениях, создающих эти напряжения. После этого проверяются напряжения на экранных сетках пентодов. Отклонения величин напряжений до ±15% от указанных в описаниях вполне допустимы. Наконец, нужно измерить напряжения на анодах ламп.

Все измерения надо производить только высокоомным вольтметром.

Если при проверке режима ламп обнаруживается резкое несоответствие напряжения на электродах ламп с типовым режимом питания, то это указывает на неисправность цепей питания или какой-либо детали в них: перегорание сопротивления, пробой блокировочного или разделительного конденсатора и т. д.

Неправильный режим может также объясняться неподходящими электрическими величинами деталей в этих цепях.

ПРОВЕРКА ОТДЕЛЬНЫХ КАСКАДОВ. Проверку приемника по частям удобнее всего производить в следующей последовательности: сначала проверяется силовая часть — выпрямитель, затем каскад усиления низкой частоты, детектор, каскады высокой или промежуточной частоты и входные цепи.

В силовой части проверяют напряжение накала и анода, исправность конденсаторов фильтра, дросселя и обмотки подмагничивания динамика, если она работает в качестве дросселя фильтра.

Исправность каскадов усиления низкой частоты можно проверить, прикасаясь пальцем к контакту управляющей сетки лампы первого или второго каскада. При этом в громкоговорителе или наушниках должно быть слышно громкое гудение (фон переменного тока).

Когда имеется граммофонный проигрыватель со звукоснимателем, то можно проверить усилитель низкой частоты путем прослушивания воспроизводимой им граммзаписи. Плохое воспроизведение этой записи будет указывать на наличие дефектов в каскадах усиления низкой частоты. В таких случаях следует проверить исправность отдельных цепей и деталей этого усилителя.

Проигрывая граммпластинки, можно хорошо отрегулировать работу каскада усиления низкой частоты, точно подбирая данные их деталей.

Детальная проверка каскадов усиления высокой частоты требует уже специальной подготовки и более сложных приборов (сигнал-генератора, лампового вольтметра). Приблизительно о действии каскада высокой частоты можно судить по возникновению шумов и тресков при касании проводов антенны управляющей сетки или анода лампы этого каскада. Малоподготовленному любителю можно рекомендовать только проверку на пробник или омметр целости катушек и исправности конденсаторов, входящих в эти контуры.

При проверке детекторного каскада в приемнике прямого усиления следует обратить внимание на правильную работу обратной связи. Если при регулировании обратной связи не возникает генерация, то надо проверить контурную катушку и катушку обратной связи на обрыв, а затем поменять места присоединения концов катушки обратной связи.

УСТРАНЕНИЕ ФОНА ПЕРЕМЕННОГО ТОКА. Иногда работа приемника сопровождается гудением очень низкого тона (фоном), мешающим приему передач на всех диапазонах. Причиной этого может служить либо плохая фильтрация постоянного тока в выпрямителе, либо паразитное воздействие переменного сетевого тока на цепи приемника.

Фон в результате плохой фильтрации может происходить при недостаточной емкости конденсаторов в фильтре выпрямителя или из-за порчи какого-либо из них.

Если фильтр выпрямителя в порядке, а фон переменного тока все же остается, то прежде всего надо проверить, заземлена ли обмотка накала ламп приемника, а также экранная обмотка силового трансформатора (если она имеется) и его сердечник.

В некоторых случаях удается устранить фон присоединением параллельно электролитическому конденсатору фильтра дополнительного бумажного конденсатора емкостью в 0,5—1 *мкф*, а также путем заземления проводов осветительной сети через конденсаторы емкостью в 0,1—0,5 *мкф*.

В большинстве случаев оказывается достаточным включить один конденсатор, причем следует экспериментально установить, к какому именно проводу осветительной сети его следует присоединить.

Для устранения фона переменного тока рекомендуется также заземлять сердечник вы-

ходного трансформатора и звуковую катушку динамика.

НАСТРОЙКА ПРИЕМНИКА. После проверки правильности выполнения схемы и исправности низкочастотной части приемника производится настройка его высокочастотной части. Эта работа требует специальной аппаратуры и навыка.

Настройка приемников прямого усиления сводится в основном к настройке в резонанс всех его контуров и к подгонке их под желаемый диапазон.

Такая настройка контуров обычно производится в начале и в конце каждого диапазона. В начале диапазона контуры подстраиваются с помощью подстроечных (полупеременных) конденсаторов, а в конце диапазона — изменением индуктивности катушки (изменением числа витков или положения подвижной секции катушки или передвижением сердечника).

Настройку контуров лучше всего производить при помощи градуированного гетеродина, создающего модулированные колебания, так как это обеспечивает наибольшие удобства и точную настройку приемника.

Возможно производить настройку контуров и без приборов по слышимости станций, но такой способ отнимает много времени и для его применения нужно знать частоты (длины волны) станций, используемых для подгонки.

Настройка супергетеродинных приемников значительно сложнее. В них приходится отдельно настраивать контуры промежуточной частоты, а затем настраивать гетеродинные и входные контуры преобразователя частоты.

Для настройки супергетеродина также необходима специальная аппаратура: сигнал-генератор и измеритель выхода. Учитывая, что такая аппаратура найдется не у каждого радиолюбителя, мы описываем ниже порядок настройки типичного супергетеродина упрощенным способом, не требующим наличия указанных приборов.

Для примера опишем процесс настройки приемника РЛ-1 (см. рис. 1 на стр. 191).

Настройка супергетеродина разделяется на следующие операции: настройка на выбранную частоту всех трансформаторов промежуточной частоты, подгонка контуров гетеродина и, наконец, установление сопряжения входных контуров приемника.

Сопряжением контуров называется такая настройка входных и гетеродинных контуров, при которой по всему принимаемому диапазону получается промежуточная частота, наиболее близко совпадающая с выбранной (на которую настроены контуры усилителя промежуточной частоты). От правильности сопряжения контуров зависят чувствительность и избирательность супергетеродинного приемника.

Настройка трансформаторов промежуточной частоты производится следующим образом.

Присоединив к приемнику небольшую антенну (кусок провода длиной 4—5 *м*), принимаем какую-либо слабо слышимую станцию в диапазоне средних волн.

Предполагая, что трансформаторы промежуточной частоты уже приблизительно настроены на заводе на выбранную частоту 465 *кгц*, их остается только подстроить в резонанс. Для этого, медленно вращая ферромагнитные сердечники сначала второго, а потом первого трансформатора, следует добиться наилучшей слышимости станции. Это положение и будет соответствовать резонансу между всеми обмотками трансформаторов.

Наиболее резко при подстройке будут влиять сердечники у катушек, включенных в анодные цепи преобразователя и лампы усилителя промежуточной частоты, менее сильно у сеточной катушки лампы усилителя промежуточной частоты и довольно слабо у катушки, связанной со вторым детектором.

Для настройки необходимо выбирать станцию, наиболее слабо слышимую, иначе трудно будет устанавливать момент наступления резонанса из-за влияния автоматического регулятора усиления (АРУ). Если в процессе настройки громкость станции слишком возрастает, лучше поискать новую станцию со слабой слышимостью. Вообще же лучше цепь АРУ на время настройки совсем выключить из схемы.

После настройки трансформаторов промежуточной частоты приступают к настройке контуров высокой частоты.

Настройку их удобнее начинать с диапазона средних волн. Подстроечное кольцо гетеродинной катушки диапазона средних волн ставят в среднее положение и отыскивают какую-либо станцию в конце диапазона (емкость агрегата конденсаторов должна быть близка к максимальной). После этого начинают подстраивать входной контур, перемещая подстроечное кольцо на катушке L_4 контура. Здесь возможны три случая.

Первый самый благоприятный, когда при некотором положении кольца на этой катушке громкость получается максимальной и падает при перемещении кольца от этого положения в ту или другую сторону. Это и будет соответствовать необходимой настройке. В поисках резонанса допустимо в случае необходимости перемещать и подстроечное кольцо катушки гетеродина в самое крайнее положение, но при

этом необходимо подстраиваться на станцию агрегатом конденсаторов переменной емкости.

Второй случай — наибольшая громкость получается, когда кольцо контурной катушки L_4 опустится до основной секции, а кольцо гетеродинной катушки поднимется на самый верх. Это будет означать, что емкость сопрягающего конденсатора в контуре гетеродина слишком велика. Его нужно заменить конденсатором меньшей емкости, при которой резонанс будет получаться при некотором среднем положении подстроечного кольца контурной катушки.

Наконец, третий случай — наибольшая громкость может получаться при положении подстроечного кольца на катушке L_4 контура в самом верху и при перемещении подстроечного кольца на катушке гетеродина L_9 вплотную к основной секции. Это будет показывать, что емкость конденсатора C_{11} мала и ее необходимо увеличить. Достигается это путем подпайки параллельно этому конденсатору дополнительного конденсатора небольшой емкости.

Закончив с подстройкой конца средневолнового диапазона, переходят к подстройке начала этого диапазона.

Для этого находят станцию уже в начале диапазона и вращением подстроечного конденсатора C_3 находят положение резонанса. Если емкость конденсатора C_3 окажется для этого недостаточной, параллельно ему присоединяют конденсатор емкостью в 10—15 *пф*. Найдя резонанс в начале диапазона, снова перестраивают приемник на конец диапазона и восстанавливают резонанс (нарушенный изменением емкости C_3) передвижением подстроечного кольца на катушке контура L_4. Затем опять подстраивают в начале диапазона изменением емкости C_3 и в конце диапазона — изменением индуктивности катушки. Такую подгонку настройки делают до тех пор, пока не получится точный резонанс в обеих настроечных точках.

Настройка диапазона длинных волн производится аналогичным способом, т. е. сначала настраивают конец диапазона передвижением подстроечных колец на катушках L_6 и L_{11} или подбором соответствующего сопрягающего конденсатора и затем настраивают начало диапазона конденсатором C_4. Эти операции повторяют до тех пор, пока не получат резонанса в обеих точках.

Наконец, приступают к настройке коротковолнового диапазона, для чего в 49-метровом вещательном участке, находящемся в конце шкалы, настраиваются на какую-нибудь станцию и, сближая или раздвигая витки катушки L_2, добиваются максимальной слышимости этой станции.

Начало коротковолнового диапазона лучше настраивать днем или в ранние вечерние часы, когда в этом участке диапазона слышна работа многих станций.

Настроившись на какую-нибудь станцию этого участка, запоминают ее громкость, затем слегка вращают подстроечный конденсатор, при этом станция немедленно исчезает. Тогда, очень осторожно, вращая агрегат переменных конденсаторов, вновь находят эту станцию и сравнивают громкость ее приема с первоначальной. Так поступают до тех пор, пока не убедятся, что больше повысить громкость при помощи подстроечного конденсатора нельзя.

После этого проверяют конец диапазона, не расстроился ли он от изменения емкости подстроечного конденсатора. Если это имеет место, то восстанавливают резонанс передвижением витков катушки. Трогать после этого подстроечный конденсатор уже не надо.

На этом заканчивается настройка контуров супергетеродина.

ОБНАРУЖЕНИЕ И УСТРАНЕНИЕ НЕИСПРАВНОСТЕЙ[1]

В предыдущей статье были даны указания по налаживанию любительских радиоприемников при минимальном использовании измерительных приборов.

Ниже излагаются основные правила и порядок систематического исследования любых радиоприемников с помощью более сложных приборов.

ОБЩИЕ МЕТОДЫ ОБНАРУЖЕНИЯ НЕИСПРАВНОСТЕЙ. При отсутствии явных и грубых неисправностей, выявляющихся при внешнем осмотре аппарата, нужно испытать его в работе. Схема предварительного испытания приемника показана на рис. 1, а схема последовательной проверки с помощью генераторов высокой и низкой частоты дана на том же рисунке снизу.

Перед включением под напряжение надо проверить аппарат на отсутствие в нем короткого замыкания в анодных цепях. Для этого достаточно снять заднюю крышку приемника и отрицательный полюс анодных цепей взять с гнезда заземления, шасси, металлических корпусов деталей или экранов, положительный же полюс можно взять с лепестков выходного или силового трансформатора, электролитических конденсаторов сглаживающего фильтра или панельки кенотрона. Поскольку в этих цепях могут быть применены электролитические конденсаторы, то омметр надо присоединять, со-

[1] В. К. Лабутин, Книга радиомастера, Госэнергоиздат, 1955

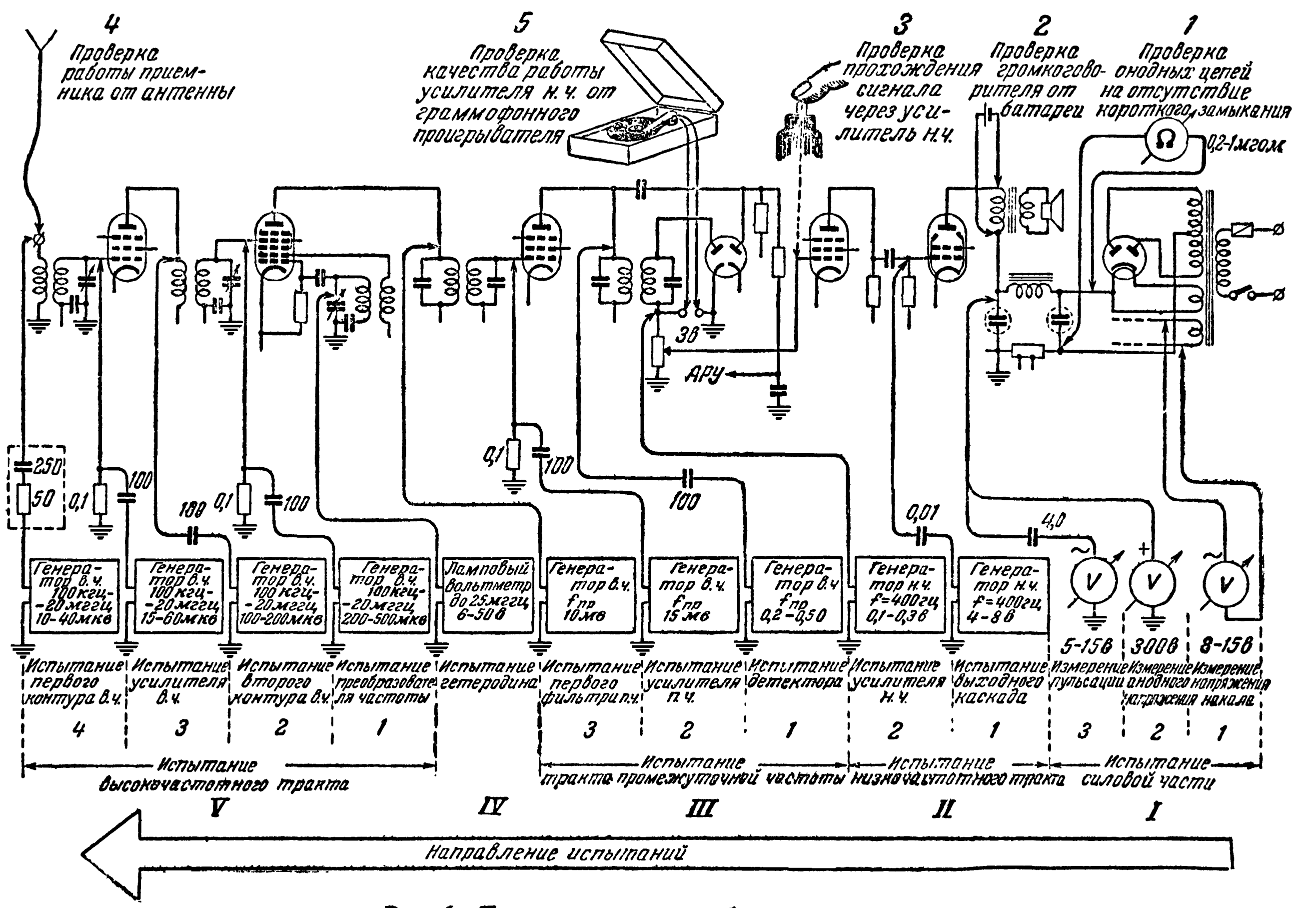


Рис. 1. Порядок проверки работы приемника.

блюдая полярность анодной цепи. Исследуемый приемник или усилитель можно включить под напряжение, если омметр покажет сопротивление не менее десятков тысяч ом, причем источник питания (или штепсельная розетка) должен быть защищен плавким предохранителем.

При включении приемника могут сразу выявиться очевидные неисправности, например самовозбуждение, проявляющееся в виде издаваемого громкоговорителем свистящего или урчащего звука, сильное прослушивание фона переменного тока и т. п. Наиболее неприятным дефектом является самовозбуждение (о методах обнаружения и устранения причин его см. на стр. 228). Но чаще при первом включении неисправные приемники не издают никаких звуков, внушающих подозрения. Тогда нужно присоединить антенну и, если приемник молчит или работает слабо, проверить его низкочастотную часть, прикоснувшись металлическим предметом или просто пальцем к сеточному колпачку входной лампы усилителя низкой частоты или к сеточному гнезду звукоснимателя: при исправном усилителе низкой частоты громкоговоритель должен издать при этом довольно громкий щелчок. Если приемник или усилитель молчит, надо проверить исправность выпрямителя.

Типичные неисправности силовой части сводятся к следующему:

1. Отсутствуют анодное и накальное напряжения из-за неисправности предохранителя, выключателя или переключателя сетевого напряжения, а также из-за обрыва в цепи первичной обмотки силового трансформатора. В приемниках универсального питания это может быть из-за перегорания нити накала любой лампы или из-за обрыва в цепи накала (например, при отсутствии контакта в ламповых панельках).

2. Напряжение накала понижено или повышено из-за неправильной установки переключателя сетевого напряжения или в результате замыкания части витков в трансформаторе.

3. Отсутствует анодное напряжение по причине выхода из строя вентиля, конденсатора сглаживающего фильтра или конденсатора, блокирующего высоковольтную обмотку силового трансформатора.

4. Анодное напряжение понижено из-за потери эмиссии кенотроном, большой утечки у сглаживающих пульсацию конденсаторов и неисправности высоковольтной обмотки силового трансформатора.

5. Большая пульсация выпрямленного напряжения из-за неисправности конденсаторов сглаживающего фильтра.

Более сложные неисправности в силовой части приемника встречаются редко, и в таких случаях нужно подвергнуть все детали выпрямителя всесторонним испытаниям.

Покаскадную проверку приемника при полном его бездействии или при недостаточно отдаваемой им мощности начинают с громкоговорителя (испытание с помощью батареи или звукового генератора).

Затем исследуют оконечную лампу, подавая на ее сетку (параллельно сеточному сопротивлению или трансформатору) незначительное (порядка нескольких вольт) переменное напряжение. Подобным же образом, но только еще меньшими напряжениями испытывают входные каскады низкочастотной части приемника.

Всякий раз при переходе к предыдущему каскаду для достижения прежней громкости на выходе подаваемое от генератора напряжение должно уменьшаться в 10—100 раз. Если при переходе к какому-нибудь предыдущему каскаду напряжение генератора приходится увеличивать, то это говорит о неисправности данного каскада.

Приближение к неисправному месту в каскадах промежуточной и высокой частоты начинают тоже в направлении от конца к началу, т. е. от детектора к антенне. При этом частоту модулированного сигнал-генератора устанавливают в соответствии с собственной частотой колебательных контуров промежуточной и высокой частоты и напряжение от генератора подводят к сеткам соответствующих ламп. Прекращение прохождения сигнала или отсутствие усиления какого-либо каскада и определяет участок схемы или каскад, в которых нужно искать повреждение.

Наиболее распространенными причинами появления искажений являются неисправность громкоговорителя, замыкание части витков первичной обмотки выходного трансформатора, выделение газа в оконечной лампе (в стеклянном баллоне при этом видно яркое голубое свечение), неподходящее напряжение сеточного смещения или обрыв в сеточной цепи одной из ламп усилителя низкой частоты и перегрузка этого усилителя из-за плохой работы системы АРУ. Путем поочередного испытания громкоговорителя, оконечной лампы предварительных каскадов усиления низкой частоты (от звукового генератора) и затем всего усилителя низкой частоты (от проигрывателя), а также каскадов усиления промежуточной частоты, преобразователя, усилителя высокой частоты и входных антенных цепей (от модулированного сигнал-генератора) определяют вносящий искажения каскад.

Неисправность высокочастотных генераторов (в том числе гетеродинов приемников) определяется измерением ламповым вольтметром или электронно-оптическим индикатором (рис. 1) амплитуды генерируемых ими колебаний на всех участках всех диапазонов.

Определив неисправный каскад, нетрудно уже обнаружить и неисправную в нем деталь.

В основе дальнейших испытаний, имеющих целью выявление неисправной детали, лежат два метода: измерение рабочего режима ламп и исследование каскада на рабочих частотах.

ИЗМЕРЕНИЕ РАБОЧЕГО РЕЖИМА ЛАМП. Под рабочим режимом лампы понимается совокупность приложенных к ее электродам постоянных напряжений и проходящих в их цепях постоянных токов. Для каждой лампы того или иного каскада конкретного приемника, усилителя или другого аппарата существует определенный оптимальный режим, в расчете на который сконструирован данный аппарат; этот режим оговаривается изготовляющим аппарат заводом.

Для измерения токов в цепях электродов достаточно измерить напряжение на них и подсчитать токи по закону Ома (рис. 2).

При пользовании амперметрами в цепях высокой и низкой частоты их надо включать ближе к заземленному по переменному току полюсу катушек, трансформаторов, сопротивлений и т. д. При измерении постоянного тока амперметры должны блокироваться конденса-

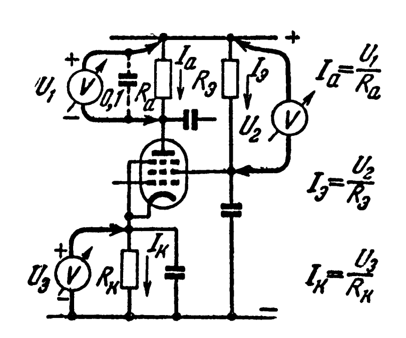


Рис. 2. Измерение токов вольтметром.

тором 0,005—0,05 *мкф* в цепях высокой и 0,1—1 *мкф* в цепях звуковой частоты.

Чтобы судить об истинных значениях напряжений, измерять напряжения на электродах ламп нужно только относительно катода и обязательно высокоомным вольтметром. Особенно трудно измерение истинных напряжений на управляющих сетках, так как в их цепях обычно включаются сопротивления порядка 1 *Мом*. При наличии таких сопротивлений измерять напряжение на сетке можно только ламповым вольтметром постоянного тока с входным сопротивлением не ниже 10—15 *Мом*. Если же такого вольтметра нет, то приходится довольствоваться измерением напряжения сеточного смещения авометром с сопротивлением 5 000 ÷ ÷ 20 000 на вольт на том сопротивлении, где оно выделяется (в цепи катода лампы или в цепи общего минуса). Вообще, чем больше сопротивление, на котором надо измерять напряжение, тем больше должно быть внутреннее сопротивление измерительного прибора. Если у вольтметра имеется несколько пределов измерения, то у наибольшего из них и внутреннее сопротивление всегда наибольшее.

Измерив истинные значения напряжений и токов в испытываемом каскаде и сравнив их с оптимальным режимом, можно быстро установить такие неисправности, как изменение сопротивлений в анодной цепи экранной сетки, изменение сопротивления смещения, пробой конденсатора, блокирующего на землю любой из электродов, обрыв в анодной катушке или дросселе и т. п.

В усилителях низкой частоты при измерении рабочего режима ламп проверяются почти все детали; непроверенными остаются только разделительный конденсатор, связывающий анод предшествующей лампы с управляющей сеткой следующей лампы, сопротивления в цепи управляющей сетки и цепи отрицательной обратной связи, которые можно испытать отдельно при выключенном питании.

Проверить изоляцию разделительного конденсатора C_c при отсутствии мегомметра можно следующим образом (рис. 3). Сначала надо вынуть из панельки лампу следующего после него каскада и присоединить параллельно ее сеточному сопротивлению R_c чувствительный миллиамперметр (со шкалой до 100 *мка*), а затем включить питание. В первый момент стрелка прибора может слегка отклониться (при зарядке конденсатора), но затем она должна вернуться точно на нуль. Если этого не получается, то конденсатор дает утечку, которая уменьшает отрицательное смещение следующей лампы и искажает ее режим. Приведенный способ проверки разделительного конденсатора на утечку применим к любому конденсатору, присоединенному одним концом непосредственно или через сопротивление к плюсу высокого напряжения.

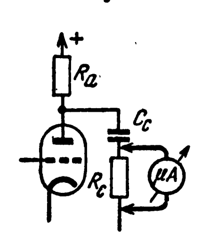


Рис. 3. Испытание разделительного конденсатора C_c на утечку.

Для этого микроамперметр (со шкалой до 50—100 *мка*) должен включаться через ограничительное сопротивление в несколько десятков *ком* в разрыв одного из подходящих к конденсатору проводов.

Измерение рабочего режима ламп производится не только с целью обнаружения неисправных деталей, но является необходимейшей операцией при испытании вновь смонтированного аппарата. Если при этом получаются отступления от заданного режима более чем на 10—15%, то заменой соответствующих сопротивлений необходимо подогнать все напряжения до нормы.

На рис. 4 приведена схема измерения постоянных напряжений в супергетеродине РЛ-1.

МЕТОДЫ ОБНАРУЖЕНИЯ И УСТРАНЕНИЯ НЕИСПРАВНОСТЕЙ, ВЫЗВАННЫХ НАЛИЧИЕМ ПАРАЗИТНЫХ СВЯЗЕЙ. Наряду с неисправностями деталей в радиоаппаратуре могут наблюдаться повреждения, вызванные наличием паразитных связей, что приводит чаще всего к искажениям, затягиванию[1], свистам, самовозбуждению и появлению фона переменного тока. Устранение этих неисправностей довольно часто представляет большие трудности, и успех дела сплошь и рядом зависит исключительно от опытности радиомастера. Изложенные выше методы систематического отыскания неисправностей в этих случаях применены лишь отчасти и далеко не всегда дают исчерпывающий ответ о причине неисправности.

ФОН ПЕРЕМЕННОГО ТОКА. Причины, приводящие к появлению фона переменного тока, делятся на три основные группы: 1) попадание по цепям питания переменного тока в каскады низкой частоты; 2) влияние электрического и магнитного полей на низкочастотные цепи, обусловленное неудачным расположением отдельных проводов и деталей, и

[1] Явление затягивания состоит в отклонении частоты колебаний гетеродина от резонансной частоты его колебательного контура, возникающем из-за наличия паразитной связи между входными контурами и цепями гетеродина или из-за влияния режима смесителя (изменяющегося при настройке на мощные передатчики) на режим гетеродина. Затягивание сказывается в непостоянстве градуировки шкалы настройки приемника.

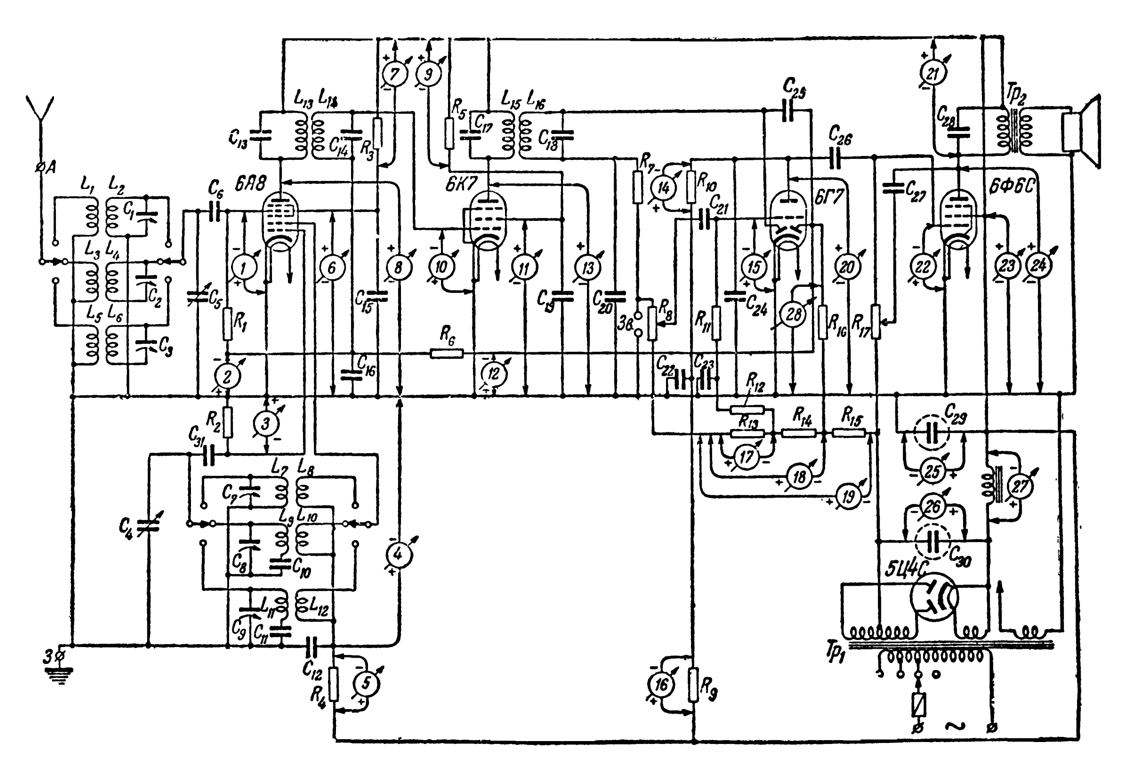


Рис 4 Измерение постоянных напряжений в супергетеродинном приемнике.

1 — на управляющей сетке лампы 6А8 (ламповый вольтметр со шкалой на 10 *в*), *2* — АРУ на управляющих сетках ламп 6А8 и 6К7 (ламповый вольтметр со шкалой на 5—50 *в*); *3* — на гетеродинной сетке лампы 6А8 (ламповый вольтметр со шкалой на 5—50 *в*); *4* — на аноде гетеродина лампы 6А8 (вольтметр с сопротивлением 3 000—5 000 *ом/в* и шкалой на 200 *в*); *5* — на сопротивлении в аноде гетеродина лампы 6А8 (вольтметр с сопротивлением 3 000—5 000 *ом/в* и шкалой на 150 *в*); *6* — на экранной сетке лампы 6А8 (вольтметр с сопротивлением 3 000—5 000 *ом/в* и шкалой на 150 *в*); *7* — на сопротивлении в цепи экранной сетки лампы 6А8 (вольтметр с сопротивлением 3 000—5 000 *ом/в* и шкалой на 200 *в*); *8* — на аноде лампы 6А8 (вольтметр с сопротивлением 1 000 *ом/в* и шкалой на 300 *в*); *9* — на сопротивлении в цепи экранной сетки лампы 6К7 (вольтметр с сопротивлением 3 000—5 000 *ом/в* и шкалой на 200 *в*); *10* — на управляющей сетке лампы 6К7 (ламповый вольтметр со шкалой на 5—50 *в*); *11* — на экранной сетке лампы 6К7 (вольтметр с сопротивлением 3 000—5 000 *ом/в* и шкалой на 200 *в*); *12* — АРУ (ламповый вольтметр со шкалой на 5—50 *в*); *13* — на аноде лампы 6К7 (вольтметр с сопротивлением 1 000 *ом/в* и шкалой на 300 *в*); *14* — на сопротивлении анодной нагрузки лампы 6Г7 (вольтметр с сопротивлением 15 000—20 000 *ом/в* и шкалой на 300 *в* или ламповый вольтметр постоянного тока со шкалой на 300 *в*); *15* — на сетке лампы 6Г7 (ламповый вольтметр со шкалой на 5—10 *в*); *16* — на развязывающем сопротивлении в аноде лампы 6Г7 (вольтметр с сопротивлением 20 000 *ом/в* и шкалой на 100 *в*); *17* — смещение на сетке лампы 6Г7 (вольтметр с сопротивлением 100—200 *ом/в* и шкалой на 5 *в*); *18* — задержка АРУ (вольтметр с сопротивлением 100—200 *ом/в* и шкалой на 5 *в*); *19* — смещение на сетке лампы 6Ф6С (вольтметр с сопротивлением 100—200 *ом/в* и шкалой на 30—50 *в*); *20* — на аноде лампы 6Г7 (вольтметр с сопротивлением 15 000—20 000 *ом/в* и шкалой на 150 *в*); *21* — на обмотке выходного трансформатора (вольтметр с сопротивлением 100—200 *ом/в* и шкалой на 30 *в*); *22* — на управляющей сетке лампы 6Ф6С (ламповый вольтметр со шкалой на 30 *в*); *23* — на экранной сетке лампы 6Ф6С (вольтметр с сопротивлением 1 000 *ом/в* и шкалой на 300 *в*); *24* — на аноде лампы 6Ф6С (вольтметр с сопротивлением 1 000 *ом/в* и шкалой на 300 *в*); *25* — на втором конденсаторе фильтра (вольтметр с сопротивлением 1 000 *ом/в* и шкалой на 300 *в*); *26* — на первом конденсаторе фильтра (вольтметр с сопротивлением 1 000 *ом/в* и шкалой на 300 *в*); *27* — на дросселе фильтра (вольтметр с сопротивлением 100—200 *ом/в* и шкалой на 100 *в*); *28* — задержки АРУ на аноде диода лампы 6Г7 (ламповый вольтметр со шкалой на 5 *в*).

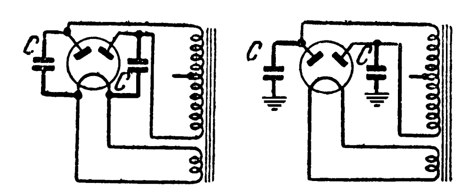


Рис. 5. Устранение модулирующего фона.

3) наложение фона на высокочастотные цепи или модулирующий фон, слышимый только при настройке приемника на радиостанцию.

Наличие постоянно слышимого фона говорит о том, что он накладывается тем или иным путем на низкочастотные цепи приемника. Поэтому прежде всего следует проверить, достаточно ли сглаживается пульсация переменного тока фильтром выпрямителя. Для этого выверенный высоковольтный конденсатор емкостью 10—20 *мкф* (желательно на 1 000—1 500 *в*) присоединяют параллельно сначала ко второму, а потом к первому конденсаторам сглаживающего фильтра ремонтируемого приемника или усилителя (при некоторых схемах выпрямителей присоединение дополнительного конденсатора параллельно второму конденсатору может усилить фон переменного тока, но тогда увеличение емкости первого конденсатора ослабляет его). Если это дает желаемый эффект, то нужно заменить один или оба конденсатора сглаживающего фильтра или увеличить емкость конденсаторов в анодных или сеточных развязывающих фильтрах.

Если же такое мероприятие не вызывает заметного ослабления фона, то, вернее всего, имеет место вторая причина. Чтобы быстро обнаружить, в каком низкочастотном каскаде накладывается фон, вынимают одну за одной все лампы, начиная со входной и вплоть до предоконечной, и следят, при вынимании какой из них прекращается фон. Лампы оконечных каскадов при включенном питании вынимать нельзя, так как вызванное этим резкое снижение нагрузки выпрямителя приводит к значительному повышению анодного напряжения, что в свою очередь может вызвать пробой конденсаторов сглаживающего фильтра.

Причиной модулирующего фона также может быть плохое сглаживание пульсации напряжений, питающих высокочастотные лампы.

Особенно чувствительны к этому входные каскады приемников (усилитель высокой частоты и преобразователь), а также гетеродин, в связи с чем для питания этих каскадов иногда устраивают дополнительную ячейку сглаживающего фильтра. Модулирующий фон переменного тока, прослушиваемый только при приеме местных станций, легко устраняется блокированием анода кенотрона на его катод или на землю (рис. 5), а также блокированием плеч повышающей обмотки трансформатора конденсаторами *C* емкостью 0,005—0,01 *мкф*; рабочее напряжение этих конденсаторов должно быть не меньше утроенного напряжения плеча повышающей обмотки силового трансформатора (1 000—1 500 *в*).

Особо надо отметить способы устранения фона в аппаратуре с лампами прямого накала при питании их нитей переменным током. Тут необходимо точное симметрирование цепи накала, что не всегда обеспечивается устройством отвода средней точки накальной обмотки. Более эффективной мерой является включение между выводами нити низкоомного потенциометра, ползунок которого нужно рассматривать как вывод от катода лампы. Точное симметрирование нити осуществляется при включенном питании на слух установкой движка потенциометра в положение, при котором меньше всего слышен фон переменного тока.

САМОВОЗБУЖДЕНИЕ. Для определения причины самовозбуждения сначала надо внимательно прослушать работу приемника или усилителя при различных установках его органов управления (регуляторов громкости, тембра, настройки). По характеру звуков, вызванных самовозбуждением, и по влиянию, сказываемому различными регуляторами, часто можно определить характер паразитных связей, приведших к самовозбуждению, и его очаг.

Так, например, звук, напоминающий шум моторной лодки, свидетельствует о самовозбуждении низкочастотного усилителя, вызванном связью его каскадов через общие цепи анодного питания. Для его устранения надо усилить развязку анодных цепей этого усилителя.

Звенящий вой, появляющийся при громком приеме коротковолновых станций и изменяющийся от постукивания по корпусу приемника, свидетельствует об акустическом влиянии громкоговорителя на вибрирующие детали гетеродинного контура. Для борьбы с этим явлением надо обнаружить вибрирующую деталь (последовательным постукиванием резиновым молоточком по всем деталям, проводам и лампам в схеме гетеродина) и прочнее закрепить или, наоборот, амортизировать вибрирующую деталь. Может также потребоваться замена отдельных деталей (лампы блока конденсаторов переменной емкости) и амортизации громкоговорителя или шасси.

Сильные свисты, сопровождающие прием каждой станции на всех диапазонах, свидетельствуют о самовозбуждении усилителя промежуточной частоты (при этом теневой сектор элек-

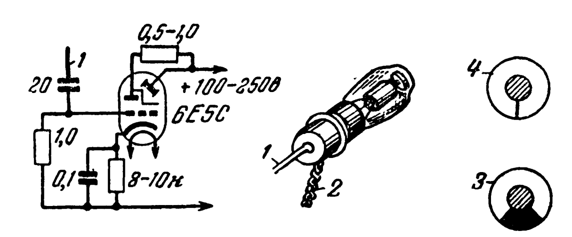


Рис. 6. Электронно-оптический индикатор.
1 — короткий щуп; *2* — шланг питания; *3* — колебаний нет; *4* — колебания есть.

тронно-оптического индикатора настройки даже при отсутствии приема в большей или меньшей мере сужен).

Для обнаружения очага самовозбуждения пригоден способ поочередной проверки каскадов изъятием предшествующих очагу самовозбуждения ламп. Если, например, самовозбуждение не прекращается при вынимании всех ламп высокочастотной части приемника вплоть до последнего каскада усиления промежуточной частоты, а при вынимании входной лампы усилителя низкой частоты пропадает, то паразитная связь в этом случае обусловлена воздействует нежелательное влияние, но и какая низкочастотного каскада.

Важно выявить не только, на какую цепь действием какой-либо цепи на входную цепь цепь производит это влияние. Для этого применим способ изменения реактивности последующих цепей, который заключается в том, что к анодным нагрузочным сопротивлениям ламп, начиная с выхода приемника, присоединяется поочередно конденсатор большей или меньшей емкости, и так постепенно приближаются к очагу самовозбуждения, который обнаруживается по изменению частоты самовозбуждения или по полному его прекращению. Предположим, что присоединение конденсатора к выходному трансформатору уменьшило только громкость, не изменив характера самовозбуждения. Это значит, что оконечный каскад не охвачен самовозбуждением и цепь, создающую нежелательное воздействие на вход усилителя, надо искать до него. Но, если, например, при подключении конденсатора параллельно первичной обмотке выходного трансформатора самовозбуждение снимается или изменяется его характер, то или эта цепь, или последующая (цепь вторичной обмотки выходного трансформатора) оказывают влияние на входную цепь усилителя. Определив, между какими двумя цепями происходит вредное взаимодействие, нетрудно внимательным осмотром их монтажа найти место взаимосвязи и экранированием или частичным изменением монтажа цепей устранить самовозбуждение.

Последнее на высокой частоте далеко не

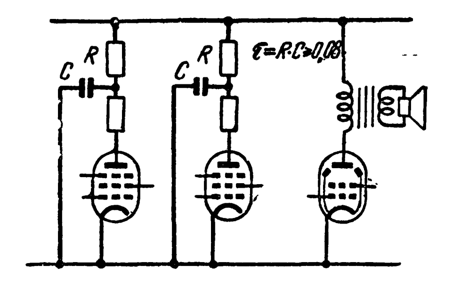


Рис. 7. Устранение моторного шума.

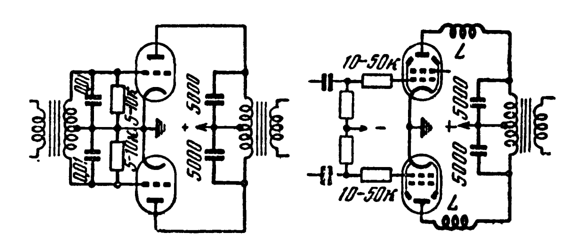


Рис. 8 Устранение самовозбуждения в двухтактном каскаде усилителя низкой частоты.
$L=10 \div 50$ витков реостатной проволоки.

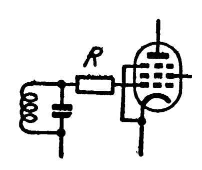


Рис. 9. Включение защитного сопротивления. Сопротивление R надо располагать у ввода сетки. В каскадах высокой и промежуточной частоты $R=300 \div 5000$ *ом*: в каскаде низкой частоты $R=10 \div 200$ *ком*; в каскаде гетеродина $R=100 \div 500$ *ом*.

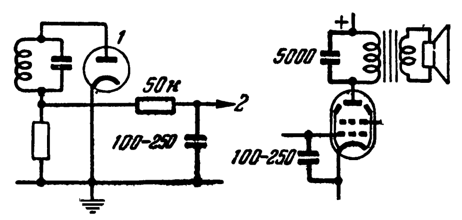


Рис. 10. Предотвращение высокочастотной обратной связи от каскада низкой частоты.
1—детектор; *2*—к усилителю низкой частоты.

всегда проявляется в виде постоянно слышимого в громкоговорителе постороннего звука, чаще о нем можно судить по наличию громких свистов при настройке на станцию или по характерным искажениям, резкому снижению громкости и другим специфическим особенностям. Обнаружить такое самовозбуждение можно с помощью лампового вольтметра или электронно-оптического индикатора (рис. 6), который присоединяют последовательно ко всем колебательным контурам исследуемых каскадов.

В таблице даны сводка наиболее часто встречающихся видов самовозбуждения и меры борьбы с ними.

Таблица наиболее распространенных видов самовозбуждения и способы их устранения

Неисправность	Важнейшие причины	Устранение
Беспрерывный свист	Самовозбуждение усилителя низкой частоты из-за наличия связи между его выходом и входом	Разнесение входных и выходных цепей, экранирование входных цепей
Моторный шум	Связь между низкочастотными каскадами через источник анодного питания	Усиление развязывания анодных цепей усилителя низкой частоты (рис. 7)
Сильные искажения при двухтактном усилении низкой частоты	Высокочастотное самовозбуждение усилителя низкой частоты	Применение мер, указанных на рис. 8
Сильные свисты при приеме каждой станции	Самовозбуждение усилителя промежуточной частоты или всего приемника из-за связи выхода с цепями высокой частоты	Разнесение взаимодействующих цепей усилителя промежуточной частоты, экранирование сеточных и анодных проводов усилителя, а также применение мер, указанных на рис. 9 и 10.
Сильные свисты и шипение на отдельных диапазонах волн	Паразитная генерация в усилителе высокой частоты, преобразователе или гетеродине	Разнесение взаимодействующих цепей, экранирование их и включение сопротивлений по схеме рис. 9.
Микрофонный вой	Акустическое влияние громкоговорителя на блок конденсаторов переменной емкости или на другие детали гетеродина, в том числе на лампу	Амортизация вибрирующих деталей и громкоговорителя, замена ламп гетеродина и детектора
«Капающий» звук	Обрыв или чрезмерное сопротивление цепи управляющей сетки одной из ламп	Устранение обрыва, замена испорченных сопротивлений
Беспрерывный вой в батарейном приемнике	Самовозбуждение усилителя низкой частоты из-за истощения анодной батареи	Включение между зажимами батареи конденсатора 2—10 *мкф*

ЛИТЕРАТУРА

Книги

Л. П. Журавлев, Устранение неисправностей в радиоприемниках. Связьиздат 1950.

Брошюра знакомит с порядком ремонта и налаживания радиоприемников с помощью простейших измерительных приборов. Приводятся описания ремонта простого батарейного приемника прямого усиления и сетевого супергетеродина.

Г. А. Сницерев, Налаживание супергетеродинного радиоприемника (Библиотека радиолюбителя), Связьиздат, 1952.

Брошюра предназначена для радиолюбителей, впервые приступающих к налаживанию приемников супергетеродинного типа. В первой ее части рассказывается, как работает супергетеродин, а затем излагается методика налаживания приемника с помощью контрольно-измерительных приборов, изготовление которых доступно начинающему радиолюбителю.

Я. Г. Розенберг, Ремонт радиоприемников и аппаратуры колхозных радиоузлов, Связьиздат, 1952.

Л. В. Троицкий, Сборник ответов на вопросы радиолюбителей (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1954.

В книге, составленной на основании материалов и практических предложений, публиковавшихся в радиолюбительских журналах, шестая глава посвящена налаживанию приемников и нахождению в них неисправностей.

Е. А. Левитин, Налаживание приемников (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1955.

Описание порядка работ по регулировке и настройке приемника, а также способы обнаружения и устранения наиболее часто встречающихся при этом неисправностей.

В. К. Лабутин, Книга радиомастера (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1955.

В седьмой главе книги имеется материал, посвященный обнаружению и устранению неисправностей.

В. Енютин, Как наладить супергетеродинный приемник, Издательство ДОСААФ, 1956.

В брошюре описаны порядок налаживания и настройки самодельного приемника и методика нахождения и устранения в нем неисправностей.

М. Савостьянов, Пособие для радиомастера, Издательство ДОСААФ, 1956.

Вторая часть книги посвящена ремонту радиоаппаратуры.

Е. А. Левитин, Радиовещательные ламповые приемники, Коиз, 1956

Вторая часть книги «Неисправности в приемниках» содержит общие указания о ремонте приемника, необходимых для этого измерительных приборах, описание методики обнаружения повреждений в приемнике и их устранения, а также проверки и настройки отремонтированного приемника.

Статьи

В. Король, Налаживание супергетеродина. «Радио», 1954, № 3, 4.

А. Нефедов, Как наладить приемник прямого усиления, «Радио», 1955, № 8.



ГЛАВА ДВЕНАДЦАТАЯ

УЛЬТРАКОРОТКИЕ ВОЛНЫ

БУДУЩИМ ПОКОРИТЕЛЯМ ЭФИРА[1]

Радиоприемник, телевизор или магнитофон можно купить в магазине.

Но насколько интересней принести из магазина не тяжелый полированный ящик, а небольшой сверток деталей. Потом будут долгие вечера раздумья, часы, посвященные сборке, пайке, бесконечным переделкам. И в один из таких вечеров на экране телевизора, собранного собственными руками, возникнет обширное поле стадиона, а из вашего самодельного приемника польются звуки, которые покажутся вам сладчайшими в мире, потому что приемник был построен своими руками!

Широкая волна радиолюбительства охватила нашу страну. Среди радиолюбителей можно встретить и школьника, и молодого инженера, и седобородого профессора.

На боевом счету советских радиолюбителей — активное участие в радиофикации страны, применение коротких и ультракоротких волн для связи аэростатов с землей, в Арктике, на морских судах, на железных дорогах, на лесоразработках, в телевидении.

Но радиотехника — это не только средство связи. Электромагнитные колебания вторгаются во все области науки и техники. Они плавят металлы и сушат древесину, лечат болезни и управляют на расстоянии, определяют время и измеряют высоту полета, производят вычисления и стерилизуют продукты,— нельзя указать ни одной отрасли народного хозяйства, где бы не применялись электромагнитные волны.

Нашей стране нужны сотни тысяч радиоспециалистов. Такие специалисты не создаются сразу: нужно изучать теорию радиотехники и подкреплять свои теоретические знания непрерывной практической работой. Лучшей школой для этого является радиолюбительство. Вот почему Центральный радиоклуб ДОСААФ СССР хочет дать вам, юношам и девушкам, дружеский совет: ВСТУПАЙТЕ В НАШИ РЯДЫ, беритесь за изучение радиотехники, изготовление радиоаппаратуры и за освоение радиосвязи. Для этого вам надо вступать в существующие при станциях юных техников, домах пионеров и школах радиокружки. А если у вас в школе такого кружка нет, организуйте его!

Ваш труд, ваши мысли, ваша изобретательность будут вложены в создание радиоаппаратуры. А это — гарантия того, что вы научитесь не только управлять аппаратурой, но и разбираться в ней со знанием дела. Это может позволить вам в будущем сказать свое слово в развитии радиотехники — слово новое, слово изобретателя!

С чего мы советуем вам начать? Здесь найдете чертежи ультракоротковолнового приемопередатчика. Сделайте его по этим чертежам.

Сколько интересного и увлекательного заключено в маленькой радиостанции, которую можно спрятать в карман пальто! Если вы захотите поговорить со своим приятелем, живущим на соседней улице, если вы пожелаете проконсультироваться с преподавателем физики, находящимся в школе, если во время похода вам надо подать команду своим товарищам по отряду, вы сможете это сделать без всяких затруднений.

... Пройдет несколько лет, вы сядите за ключ настоящей «дальнобойной» коротковолновой приемо-передающей станции и передадите в эфир свои собственные позывные. И когда прозвучит ваш общий вызов: «Всем! Всем! Всем!» — у вас замрет сердце и вы напряженно прислушайтесь: кто же ответит? Полярник из Чукотки, радист с далекого острова Мадагаскар или такой же, как вы, школьник, впервые в жизни решивший ответить на принятый вызов?

Вступайте в наши ряды, будущие радиоконструкторы — покорители эфира!

Центральный радиоклуб ДОСААФ.

[1] «Юный техник», 1956, № 3.

УКВ[1]

Ультра... — слово латинское, означающее: более, сверх, а в сложных словах: находящийся за пределами, крайний.

Таким образом, ультракороткие волны — это сверхкороткие волны.

Под короткими волнами принято понимать диапазон электромагнитных волн от 50 до 10 *м* (от 6 до 30 *Мгц*).

Волны длиной 10 *м* являются границей, за которой начинается область УКВ.

УКВ подразделяют на:

метровые волны от 10 до 1 *м* или по частоте от 30 до 300 *Мгц*

дециметровые волны от 100 до 10 *см* или по частоте от 300 до 3 000 *Мгц*

сантиметровые волны от 10 до 1 *см* или по частоте от 3 000 до 30 000 *Мгц*

миллиметровые волны от 10 до 1 *мм*

УКВ — своеобразные и далеко еще не полностью изученные электромагнитные волны. Однако то, что мы уже знаем о них, позволяет говорить о больших возможностях, которые открывают УКВ для дальнейшего прогресса радиосвязи и радиовещания. А современное телевидение вообще немыслимо без ультракоротких волн.

Этот диапазон манит своими просторами, Радиовещательный диапазон от 200 до 2 000 *м* охватывает полосу частот всего лишь в 1 350 *кгц* (1 500—150=1 350 *кгц*), а один лишь метровый диапазон УКВ, т. е. волны от 1 до 10 *м* включительно, занимает полосу частот в 270 000 *кгц*. Ведь по мере укорочения волн частотные пределы становятся все более широкими. А чем шире частотные пределы, тем больше станций можно разместить без опасности создания взаимных помех.

Если условиться, что для каждой радиостанции нужен канал в 10 *кгц* (а на деле он даже меньше), то в метровом диапазоне УКВ можно разместить 27 000 передатчиков, а в диапазоне от 2 000 до 200 *м* — всего лишь 135. «Теснота в эфире» давно уже стала помехой в развитии радиосвязи и радиовещании.

Частотный простор в области УКВ позволяет не только увеличить число радиостанций, но и совершенно по-новому вести радиовещание. Поэтому, например, радиотелефонирование по методу частотной модуляции, требующее широкую полосу частот, и передача телевидения, требующая, как мы узнаем в дальнейшем, линию связи, пропускающую очень широкую полосу частот, возможны только на волнах короче 10 *м*.

Техника радиовещания еще далека от совершенства: радиоприем часто сопровождается сильными шумами, треском и другими помехами. Эти недостатки в значительной степени устраняются при переходе на УКВ. Диапазон УКВ оказывается чистым от помех, которые создают искрящие дуги трамваев, рентгеновские установки, сварочные аппараты и многие другие.

Свободен УКВ диапазон и от атмосферных помех. Конечно, нельзя утверждать, что на УКВ совсем нет помех. Они прежде всего появляются в самом приемнике. Возникновение их объясняется ничтожными электрическими токами, самопроизвольно протекающими во входных цепях приемника. Кроме того, источником помех на УКВ оказались автомобильные двигатели, лишенные защитных электрических фильтров, некоторые системы электрических звонков.

Однако все-таки число помех, их уровень значительно меньше на УКВ, чем на других диапазонах, и эти помехи можно, кроме того, ослабить.

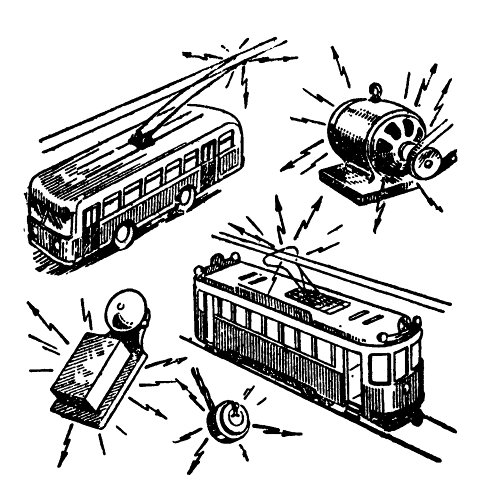
Это достигается применением частотной модуляции (ЧМ).

ЧАСТОТНАЯ МОДУЛЯЦИЯ. «Бесшумное радио», «радио без помех» — так называли первые передачи по методу частотной модуляции, которые производились в Ленинграде в 1940 г.

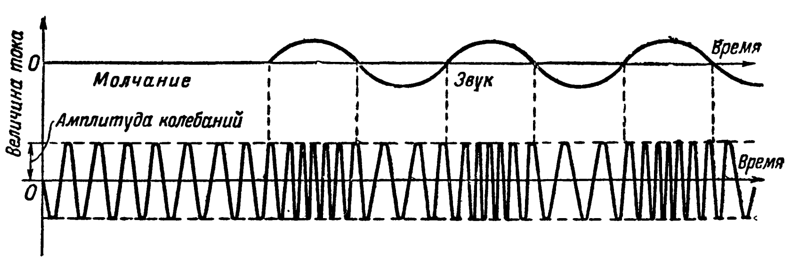
В чем же заключается метод частотной модуляции, почему он гарантирует от помех? Атмосферные и промышленные помехи являются электрическими сигналами с хаотически изменяемой амплитудой, т. е., к величайшему сожалению, амплитудно-модулированными сигналами. Метод же частотной модуляции предусматривает строгое постоянство амплитуды. Применяются специальные устройства, которые «следят» за тем, чтобы в процессе работы амплитуда высокочастотных колебаний как на выходе передатчика, так и на входе приемника не изменялась.

Если к приемнику частотно-модулированных колебаний поступают сигналы, модулированные по амплитуде, то такой приемник должен ответить на них (и действительно отвечает) полным молчанием. Поэтому-то атмосферные и промышленные помехи не воспроизводятся таким приемником. Эта же причина объясняет и то, что собственные шумы становятся практически совершенно неслышными, что позволяет полностью использовать чувствительность приемника. Можно смело ставить регулятор усиления на «максимум» — возрастание громкости принимаемых сигналов не приведет к появлению грохочущего фона, как у современных радиовещательных приемников.

[1] По разным источникам.



Электрические приборы и установки создают определенный уровень шумов



Графическое пояснение частотной модуляции.

— Но как же передавать сообщения? — могут нас спросить.— К приемнику поступают сигналы совершенно одинаковой силы, одинаковой амплитуды. Что же приведет в действие громкоговоритель?

— Безусловно, если излучаемый сигнал постоянен по частоте (неизменная длина волны) и амплитуде, то никаких сообщений он с собой не принесет. А если в такт со звуковыми колебаниями (тока микрофона) менять частоту излучаемых колебаний, тогда как? Удастся ли этим осуществить передачу?

Оказывается, вполне удастся. Именно это и составляет принцип частотной модуляции: колебания звуковой частоты модулируют не амплитуду, а частоту. В процессе такой передачи длина волны станции все время меняется, но мощность излучаемой волны остается неизменной.

Приемник частотно-модулированных сигналов имеет особое устройство, реагирующее лишь на изменения частоты принимаемых колебаний. Называется он частотным детектором. Это устройство превращает изменения частоты в соответствующие изменения величины электрического тока. Ток на выходе частотного детектора тем больше, чем в бо́льших пределах изменяется частота принимаемого сигнала, чем глубже частотная модуляция. Сколько раз в секунду меняется частота сигнала, столько же раз за это время изменится ток на выходе детектора. Иначе говоря, после детектора получаются электрические колебания такой же формы, которые посылались из студии на радиопередающую станцию. К громкоговорителю (как и в обычном радиоприемнике) подводится ток звуковой частоты. Диффузор приводится в колебательное состояние, и мы слышим звуки.

Но в каких пределах изменять длину волны передатчика, на сколько метров (или на сколько герц, если говорить о частоте)?

Теория, а в особенности практика, показывает, что для осуществления высококачественного вещания изменения несущей частоты передатчика должны быть сравнительно большими: 50—75 *кгц* в каждую сторону от номинала несущей частоты.

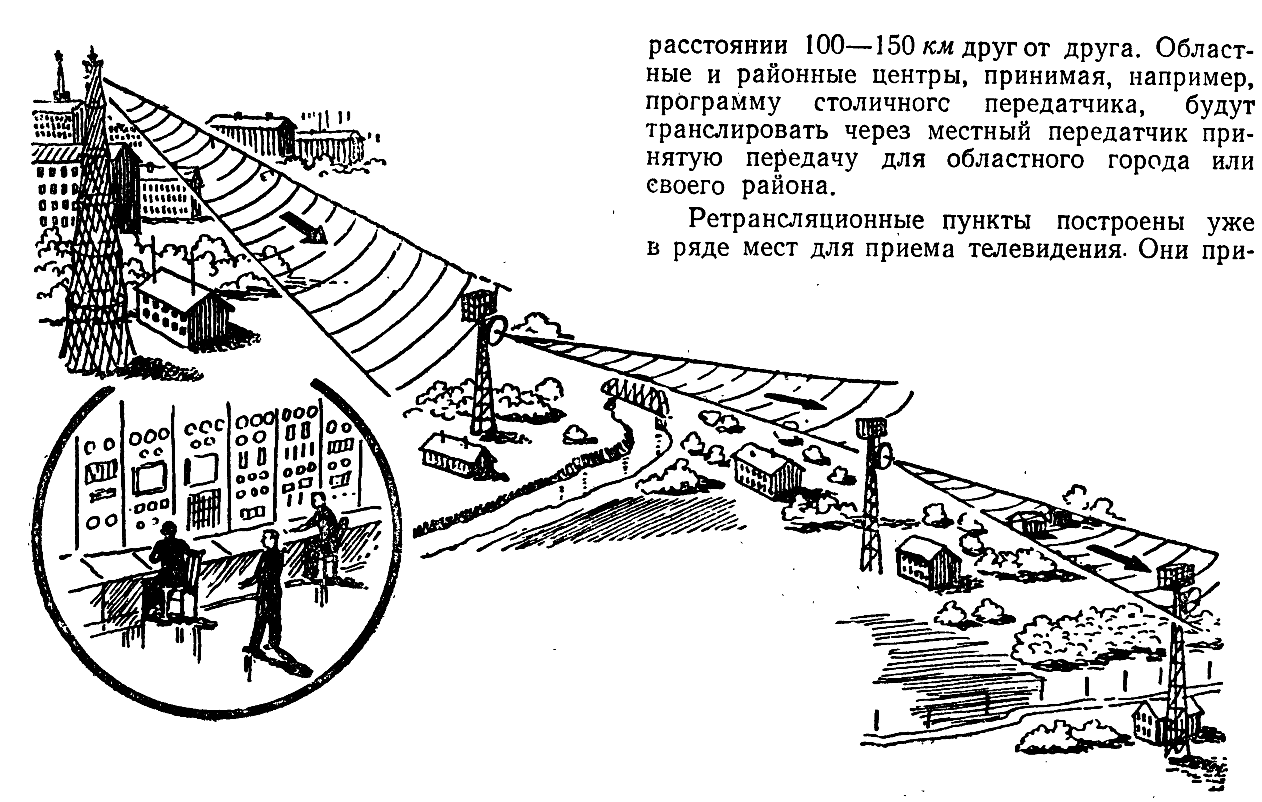
По существующим нормам при амплитудной модуляции для радиовещательных станций отводится канал шириной в 9 *кгц*. Для осуществления передачи частотно-модулированными колебаниями ширина канала увеличивается в 16—17 раз.

Во всем радиовещательном диапазоне (от 200 до 2 000 *м*) не хватило бы места и для десятка таких радиостанций, но в диапазоне метровых волн места для них сколько угодно. Поэтому-то ЧМ и применяется в УКВ диапазоне. Во всех радиовещательных передатчиках в диапазонах длиннее УКВ применяется амплитудная модуляция, так как она более «экономно» загружает диапазон волн, чем модуляция частотная.

Но ЧМ не только снижает уровень помех, а и увеличивает дальность высококачественной передачи.

Частотная модуляция широко применяется кроме радиовещания и для военной радиосвязи. Подавляя многочисленные помехи от систем зажигания автомашин, танков и самолетов, она тем самым увеличивает надежность радиоприема. Ультракоротковолновые передатчики становятся в этом случае еще более компактными, так как от них требуется незначительная мощность.

В ПРЕДЕЛАХ ВИДИМОСТИ. XX съезд Коммунистической партии в Директивах по шестому пятилетнему плану предусмотрел обеспечение широкого внедрения ультракоротковолнового радиовещания в Европейской части СССР. А почему в Европейской части страны? — спросит нас читатель. Потому, что в этой части Советского Союза плотность населения больше, а ультракороткие волны (пре-



расстоянии 100—150 *км* друг от друга. Областные и районные центры, принимая, например, программу столичного передатчика, будут транслировать через местный передатчик принятую передачу для областного города или своего района.

Ретрансляционные пункты построены уже в ряде мест для приема телевидения. Они преимущественно распространяются лишь в пределах прямой видимости наподобие лучей света и ограничены расстоянием от 70 до 120 *км*. Поэтому-то антенны УКВ передатчиков стараются поднять как можно выше, да и повыше стараются ставить свои антенны владельцы телевизоров, живущие за пределами городов, где расположены телецентры.

Дальность действия УКВ передатчиков мала в сравнении с обычными радиовещательными станциями. Это плохо. Но это и хорошо: на одних и тех же волнах может работать значительно большее количество радиостанций. Одна волна может быть в Москве и Киеве, в Горьком и Харькове, не говоря уже о более отдаленных друг от друга городах, и мешать друг другу они не будут. УКВ радиостанции с небольшим радиусом действия могут быть значительно менее мощными, чем радиостанции длинноволновые или средневолновые.

Дальность действия УКВ передатчика может быть расширена, если увеличить его мощность и высоту антенны. Обычно зона обслуживания такого передатчика мощностью 5—10 *квт* ограничена до 100 *км*. При благоприятном профиле местности и достаточно высокой антенне приемника дальность может быть увеличена до 200—300 *км*. Но при наших пространствах этого, конечно, недостаточно. Поэтому возникла необходимость в создании ретрансляционных пунктов, расположенных на нимают программы ближайшей центральной станции и транслируют их в радиусе до 6—15 *км*. Если, например, для приема телевидения за 200 *км* от Киева в Гомеле нужны были дополнительные усилители и сложные антенны, то с постройкой ретрансляционной станции можно принимать киевские передачи на обычные телевизоры с простыми антеннами.

Такие ретрансляционные пункты построены в Шатуре Московской области, на Лисьей горе в Н. Тагиле. Последняя станция, построенная радиолюбителями Уралвагонзавода, позволяет новотагильцам принимать передачи из Свердловска.

РАДИОРЕЛЕЙНЫЕ ЛИНИИ. Однако создание ретрансляционных станций не решает полностью проблемы передачи на значительные расстояния. Эта проблема решается с помощью радиорелейных линий связи. Здесь играет роль еще одна особенность ультракоротких волн: направленность излучения. На дециметровых и сантиметровых волнах получается остронаправленный прием с легкими, компактными антеннами или посредством одного вибратора с металлическим зеркалом.

Вообще по мере укорочения волн излучающие устройства все более и более напоминают оптические рефлекторы.

Преимущество направленной передачи можно иллюстрировать таким примером. На деци-

метровых волнах радиостанция мощностью 2 *вт* при несложной передающей антенне с остронаправленным излучением может создать в приемной антенне сигнал такой же силы, что и станция мощностью 2 *квт* с круговым излучением.

Простое разрешение проблемы направленности на УКВ послужило одной из причин применения этих волн для радиолокации, нуждающейся в приборах резко направленного действия.

Но вернемся к радиорелейным линиям связи.

Значение радиорелейной связи уже неоднократно подчеркивалось в решениях партии и правительства.

В Директивах XX съезда КПСС по шестому пятилетнему плану указано: «Расширить производство аппаратуры для радиорелейных и кабельных линий с большим количеством каналов...». *«Создать широкую сеть радиорелейных линий связи и ввести в действие за пятилетие не менее 10 тысяч километров этих линий».*



Что же представляет собой радиорелейная линия связи? Это цепочка приемно-передающих радиостанций, работающих на дециметровых волнах. В данной цепи две оконечные радиостанции непосредственно обслуживают корреспондентов, а промежуточные предназначаются для приема сигналов от предыдущей станции и автоматической передачи (ретрансляция) их на следующую станцию подобно эстафете.

Промежуточные ретрансляционные станции управляются посредством сигналов, посылаемых с одного или другого конца линии.

Так как антенны соседних станций должны находится в пределах видимости, радиостанции устанавливаются через каждые 50—60 *км* и имеют мачты высотой 50—70 *м*.

Каждая оконечная установка имеет радиопередатчик и радиоприемник, необходимые для одновременной передачи и приема сигналов.

Передача и прием производятся на разных волнах, и передатчик поэтому не мешает работе приемника.

Каждая промежуточная установка имеет два передатчика и два приемника, служащих для ретрансляции сигналов в прямом и обратном направлениях.

Большинство станций линии автоматические. Обслуживающий персонал имеется примерно на каждой десятой станции цепочки.

По одной такой радиорелейной линии можно одновременно вести телеграфные и фототелеграфные передачи, несколько сот телефонных переговоров, передачу радиовещательных и телевизионных программ. Радиорелейные линии позволят в дальнейшем соединить телефонные сети крупных городов в единую телефонную сеть.

Одной из первых построена радиорелейная линия связи Москва—Рязань, обслуживающая

нужды транспорта. Параболическая антенна Московской станции установлена на 25-м этаже высотного здания у Красных ворот, а на станциях Пески, Бронницы и Рязань поднялись металлические мачты высотой 50—70 *м*. Большое строительство радиорелейных линий развернулось в Киргизии, где накоплен известный опыт их эксплуатации. По радиорелейным линиям будут получать телевизионные программы больших телецентров ретрансляционные телевизионные станции в Рязани, Ярославле, Костроме, Иванове, Владимире, Калуге, Новгороде, Чернигове, Запорожье, Кривом Роге, Каунасе и Березниках.

Занимая промежуточное положение между радиосвязью и связью по проводам, радиорелейные линии связи значительно экономичнее проводной связи. Они не требуют большого количества металла, идущего на провода и обеспечивают значительно большую скорость постройки линии при меньшей затрате сил и средств, чем проводная кабельная линия.

Следует отметить, что все последние достижения радиоэлектроники связаны с применением ультракоротких волн: телевидение, радиолокация, радиоуправление космическими ракетами, радиоастрономия. Но за последнее время кое-что новое открылось и в самих ультракоротких волнах.

Выяснилось, что УКВ могут распространяться не только в пределах прямой видимости.

Радиолюбители, занимающиеся телевидением, зарегистрировали много случаев сверхдальнего приема телевизионных передач. Сейчас уже можно назвать ряд экспериментаторов, принимающих на территории СССР передачи иностранных телевизионных центров. Достаточно указать на москвича т. Сотникова принимающего в черте города телевизионные передачи из Праги, Берлина, Рима, Брюсселя, Лондона, Берна и других городов Европы. Передачи Московского и Ленинградского телецентров нередко смотрят в Западной Европе. Прием этот пока нерегулярен. Он объясняется состоянием ионосферы.

Пока еще не все изучено и ясно в этом вопросе, но налицо новые явления в области распространения УКВ.

«УКАВИСТЫ». В последний год радиолюбители начали устанавливать и наблюдать дальние связи на УКВ.

Дело в том, что недавно для любительской связи были выделены новые диапазоны и на метровых волнах вместо 85—87 *Мгц* (3,5 *м*) радиолюбители-ультракоротковолновики («укависты») стали работать на 38—40 *Мгц* (8 *м*). И уже с 1956 г. стали осуществляться сначала неуверенные, а затем регулярные дневные дальние связи в этом диапазоне. Теперь уже никого не удивляет связь москвичей с новосибирцами, а новосибирцев с литовскими радиолюбителями. Впереди же освоение таких диапазонов, как 144 и 435 *Мгц*, а за ними и сантиметровых!

Любительская связь на УКВ ведется только радиотелефоном. Здесь не обязательно знание азбуки Морзе. Любительские УКВ передатчики и приемники обладают небольшим весом, малыми габаритами, портативностью. Возможности, открываемые для любительской работы на УКВ, многообразны и увлекательны. Здесь и интересная конструкторская работа и заманчивые перспективы дальних связей, а наряду с этим возможности использования своей радиостанции как своеобразного телефона для связи с соседями на одной и той же улице и с друзьями на другом конце города.

А участия в соревнованиях, в полевом дне, вылазки с карманными радиостанциями в походы и на экскурсии!

УКВ радиостанции — незаменимое средство связи во время стрелковых соревнований, в кроссах мотоциклистов, автомобилистов, тренировках планеристов и парашютистов.

Получение разрешения на эксплуатацию УКВ радиостанции теперь упрощено, и этот вид радиоспорта доступен для всех возрастов, начиная со школьного.

Московские «укависты» хорошо знают позывной радиостанции УАЗКЦЦ. Это позывной любительской УКВ станции радиокружка школы № 59 имени Н. В. Гоголя — пионера УКВ спорта в школах столицы.

Замечательная работа УКВ радиокружка, руководимого С. М. Алексеевым, подробно описана в книге С. М. Алексеева «Радио в школе» и «Школьная УКВ радиостанция».

Работа кружка УКВ в школе № 59 идет по следующим направлениям:

1. Работа операторов по установлению связей с другими станциями — Это спортивная работа. В задачу операторов входит установление наибольшего количества двусторонних связей и на возможно больших расстояниях, ведение аппаратного журнала.

Эта работа позволяет готовить радиолюбителей-разрядников, так как за достижения в области связи на УКВ присваиваются спортивные звания: «Радиолюбитель III разряда», «Радиолюбитель II разряда», «Радиолюбитель I разряда» и «Мастер радиолюбительского спорта».



2. Работа остальных членов УКВ кружка по изучению свойств УКВ, дальности действия радиостанции и зависимости прохождения метровых волн от состояния атмосферы, наблюдение за слышимостью школьной радиостанции по разным направлениям.— Это учебная и исследовательская работа.

3. Конструкторская работа. Изготовление походных радиостанций, помощь отдельным членам кружка в постройке собственных радиостанций, разработка и постройка новых радиостанций кружка для работы в других диапазонах УКВ.

4. Массовая работа. Проведение экскурсий учащихся школы на радиостанцию. Обслуживание радиосвязью школьных экскурсий и пионерских походов. Пропаганда УКВ кружка через школьный радиоузел и в стенной газете. Организация школьного радиовечера с демонстрацией аппаратуры и радиосвязи.

Хотелось бы, чтобы такие кружки УКВ, как в школе № 59 имени Н. В. Гоголя (Москва, Старо-Конюшенный пер., 18) были организованы во многих школах. Чтобы к многотысячному коллективу радиолюбителей нашей страны прибавился новый большой отряд энтузиастов УКВ работы, в эфире зазвучали новые сотни позывных коллективных школьных УКВ радиостанций и тысячи укавистов стали двигать вперед технику ультракоротких волн.

ПРОСТЕЙШАЯ РАДИОСТАНЦИЯ[1]

Радиостанция (приемо-передатчик) рассчитана на работу в диапазоне 38—40 *Мгц*. Она имеет простую схему и несложна в налаживании. Небольшой вес (300—400 *г*) и малые размеры (величиной с карманный фонарь) позволяют применить ее в походе. Радиостанцию можно также использовать во всех случаях, требующих быстрого установления связи на небольшие расстояния, когда осуществление проводной связи по тем или иным причинам затруднительно.

Дальность связи такой радиостанции доходит до 800 *м*; при работе с более мощным передатчиком (до 5 *вт*) и более чувствительным приемником дальность связи увеличивается до 2—2,5 *км*.

СХЕМА. Радиостанция (рис. 1) содержит две лампы 2П1П. Во время приема лампа $Л_1$ работает в каскаде сверхрегенеративного детектора, а лампа $Л_2$ — в каскаде усилителя напряжения низкой частоты. При передаче лампа $Л_1$ используется в качестве генераторной, а лампа $Л_2$ — модуляторной.

Переключение с приема на передачу осуществляется при помощи четырехполюсного переключателя $П_1$—$П_4$.

Когда переключатель включен на прием (положение *1*), подключается телефон *Т*, а в

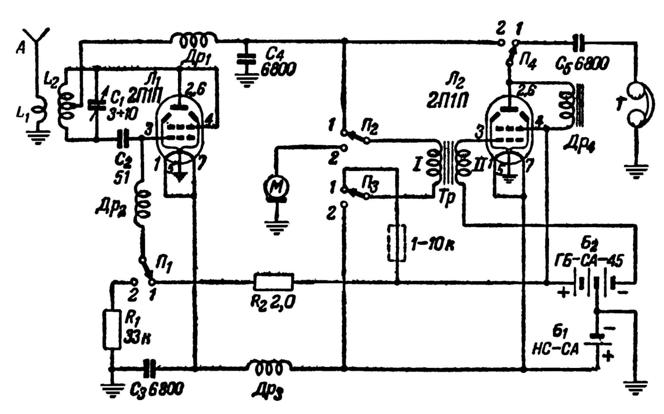


Рис. 1. Схема простейшей радиостанции.

---

[1] Л. И. Куприянович, Карманные радиостанции, Госэнергоиздат, 1957.

анодную цепь лампы $Л_1$ через обмотку *I* трансформатора *Тр* и к управляющей сетке этой лампы через сопротивление R_2 от батареи $Б_2$ подается анодное напряжение.

При переключении на передачу (положение *2*) отключается телефон *Т*, анодная цепь лампы $Л_1$ соединяется с анодом лампы $Л_2$ (для создания анодной модуляции), обмотка *I* трансформатора *Тр* включается последовательно с угольным микрофоном *М* (трансформатор теперь используется как микрофонный) и к управляющей сетке лампы $Л_1$ подключается сопротивление R_1, устраняющее прерывистую генерацию.

Низкочастотный дроссель $Др_4$, включенный между анодом и экранной сеткой лампы $Л_2$, при передаче служит модуляционным дросселем.

На управляющую сетку лампы $Л_2$ через обмотку *II* трансформатора *Тр* подается от части батареи $Б_2$ отрицательное смещение 1,5 *в*.

ДЕТАЛИ. Большинство деталей, применяемых в радиостанции, берется заводского изготовления, однако некоторые из них могут быть и самодельными.

В качестве микрофонного трансформатора используется трансформатор от слухового аппарата «Звук». Его можно изготовить и самому. Обмотка *I* трансформатора состоит из 200 витков провода ПЭЛ 0,15, а обмотка *II* — из 5 000 витков ПЭЛ 0,05 (сопротивление первичной обмотки 10, а вторичной 2 000 *ом*). Намотка трансформатора производится на каркасе с окном 6×10 *мм*. Для изготовления каркаса может быть использован любой изоляционный материал толщиной 0,2—0,5 *мм*. Сердечник трансформатора собирается из пластин типа Ш-6, толщина пакета 10 *мм*. Для сердечника лучше всего использовать пластины, изготовленные из пермаллоя, который отличается большой магнитной проницаемостью.

В качестве модуляционного дросселя $Др_4$ может быть применен выходной трансформатор от слухового аппарата «Звук», в котором используется лишь высокоомная обмотка. Изготовляется дроссель $Др_4$ аналогично трансформатору *Тр*.

Для перехода с приема на передачу используются два двухполюсных переключателя типа ТВГ, ручки которых надо соединить перемычкой, чтобы переключение происходило одновременно. Может быть также использована плата переключателя диапазонов с четырьмя полюсами на два направления. Переключатель $П_1$—$П_4$ можно изготовить и самому из упругих контактных пластин электромагнитного реле.

Для изготовления катушки L_2 применяется медный посеребренный провод диаметром 0,8 *мм*, длиной не менее 60 *см*. На цилиндрический каркас диаметром 18 *мм* наматывают восемь витков провода так, чтобы длина катушки получилась равной 2 *мм*. Намотка производится с натяжением провода. После намотки концы провода должны быть надежно закреплены на каркасе, например путем двойного пропускания через отверстия, проделанные в каркасе по краям намотки. Эта катушка может быть выполнена и без каркаса. Тогда ее намотка из девяти витков производится плотно виток к витку на стержне диаметром 18 *мм*. После такой намотки катушка снимается со стержня и ее витки равномерно раздвигаются на длину катушки 16 *мм*. Следует отметить, что бескаркасная катушка будет механически непрочной и стабильность частоты при изменении температуры будет меньшей, чем для катушки, намотанной на каркас с натяжением. Катушка L_1 диаметром 18 *мм* имеет $1^1/_2$ витка такого же провода.

В качестве конденсатора настройки C_1 используется подстроечный воздушный или керамический конденсатор с минимальной емкостью около 3 *пф* и максимальной около 10 *пф*. Его подвижные пластины соединяются с ручкой настройки через изолирующую ось (рис. 2).

Конденсатор C_1 может быть и самодельным. В этом случае его следует изготовить из трех латунных пластин толщиной 0,3 *мм* (рис. 3). В таком конденсаторе подвижная пластина соединяется с корпусом радиостанции (поэтому ось между ручкой настройки и подвижной пластиной может быть металлической), а неподвижные пластины соединяются с катушкой L_2.

Дроссели $Др_1$ и $Др_2$ наматываются проводом ПЭЛ 0,1 на керамическом стержне диаметром 4 и длиной 30 *мм*. По краям керамического стержня укрепляются хомутики из ла-

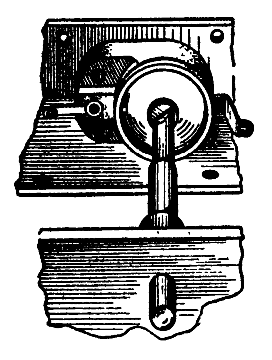


Рис. 2. Крепление конденсатора настройки.

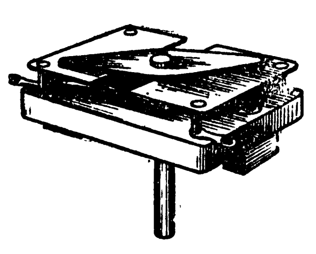


Рис. 3. Самодельный конденсатор настройки.

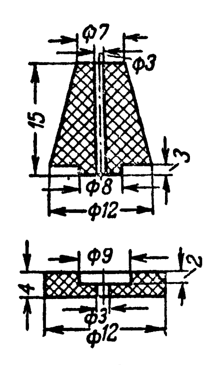


Рис. 4. Конструкция проходного изолятора.

тунных полосок, к которым припаиваются концы проводов. Каждый такой дроссель содержит 170 витков провода с прогрессивным шагом намотки (они могут быть также намотаны виток к витку). Дроссель $Др_3$ состоит из 40 витков провода ПЭЛ 0,3. Намотку всех этих дросселей можно производить на высокоомных сопротивлениях ВС-0,5.

Проходной изолятор для антенны должен быть из хорошего высокочастотного диэлектрика (керамика, радиофарфор и полистирол). Можно применить и органическое стекло. Конструкция такого изолятора показана на рис. 4.

Ламповые панельки должны быть керамическими (это обязательно для лампы $Л_1$).

Конденсатор C_2 керамический, типа КТК или КДК. Остальные конденсаторы C_3, C_4 и C_5 могут быть любого типа. В данной радиостанции для уменьшения ее размеров применены малогабаритные сегнетокерамические конденсаторы типа КДС-3. Емкость конденсаторов C_3 и C_5 может быть от 680 до 10 000 *пф*, а емкость конденсатора C_4 (5 000—50 000 *пф*) подбирается в процессе настройки. Все конденсаторы должны быть рассчитаны на рабочее напряжение не меньше 100 *в*.

Сопротивления могут быть любого типа с допустимой мощностью рассеивания не менее 0,1 *вт*. В карманной радиостанции используются новые малогабаритные сопротивления типа УЛМ 0,12.

В качестве антенны применяется штырь длиной 1,8 *м*.

Такую антенну надо изготовить из медной или алюминиевой трубки диаметром не более 7 *мм*. К концу штыря припаивается втулка с резьбой, при помощи которой штырь навинчивается на стержень антенного выхода. Штыревую антенну можно изготовить составной, т. е. подобрать три-четыре трубки, вдвигающиеся одна в другую. Применима и гибкая антенна из телевизионного кабеля, с которого нужно удалить внешнюю оплетку.

В радиостанции используется угольный микрофон с капсюлем типа МБ. Он должен быть рассчитан на питающее напряжение 1,5 *в*.

Телефон должен быть высокоомным с сопротивлением катушек не менее 1 000 *ом*.

КОНСТРУКЦИЯ И МОНТАЖ. Приемо-передатчик монтируется в коробке размером 95×75×25 *мм*, изготовленной из листового алюминия толщиной 1 *мм*. Конструкция коробки показана на рис. 5.

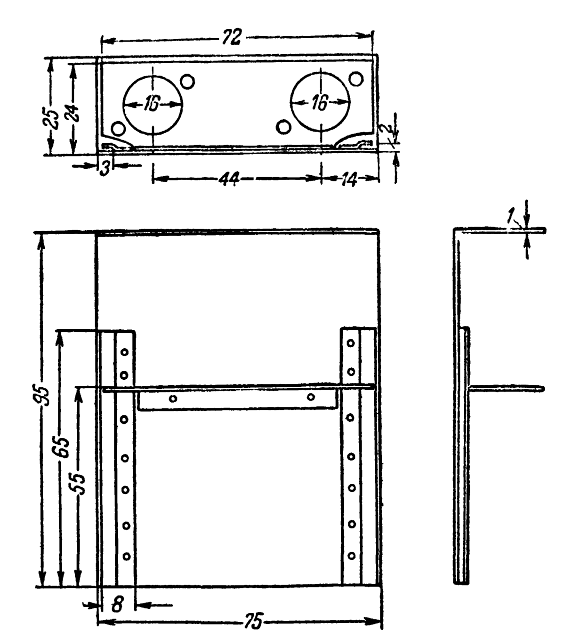


Рис. 5. Конструкция корпуса коробки для радиостанции.

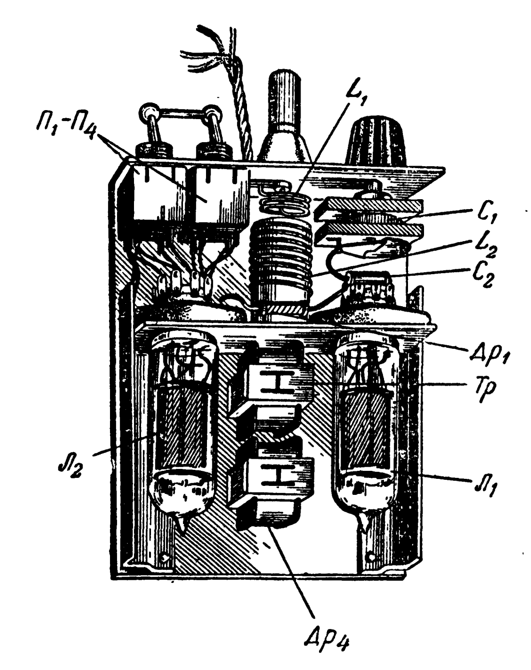


Рис. 6. Внутренний вид простейшей радиостанции.

На рис. 6 показано размещение деталей радиостанции. Ламповые панельки находятся на стойке. Конденсатор настройки C_1 укрепляется на угольнике около панельки лампы $Л_1$, и его ручка через изолирующую ось выводится на переднюю панель управления. К выводам конденсатора припаиваются концы катушки L_2.

Микрофонный трансформатор *Тр* и модуляционный дроссель $Др_4$ помещается между лампами и прикрепляется к корпусу при помощи хомутиков и винтов.

Провода, идущие к микрофону, телефону и батареям питания, выводятся из корпуса радиостанции через резиновую трубку на панели управления.

Детали соединяются между собой изолированными проводниками диаметром 0,5—1,0 *мм*.

ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ. Для питания радиостанции используются две батареи от слухового аппарата «Звук»: ГБ-СА-45 на 48 *в* емкостью 0,2 *а·ч* и НС-СА (НС-1) на 1,6 *в* емкостью 24 *а·ч*. Продолжительность работы в радиостанции батареи ГБ-СА-45 в среднем равна 40—50 *ч*, а батареи НС-СА — около 12—15 *ч*.

Могут быть использованы и другие источники питания с напряжениями 30—90 и 1,3—1,6 *в*.

Батареи размещаются в отдельной коробке.

НАЛАЖИВАНИЕ. После окончания монтажа радиостанции проверяют при помощи пробника или омметра правильность всех соединений. Затем, присоединив источник питания, приступают к налаживанию радиостанции.

Вначале рекомендуется проверить работу приемника. Для этого переключатель $П_1—П_4$ устанавливают в положение *1* (прием). Антенна пока не присоединяется. Характерным признаком работы приемника служит так называемый «сверхрегенеративный шум» в телефоне (негромкое шипение). При настройке на передающую станцию шум значительно уменьшается или даже исчезает и в телефоне слышен только голос передающего.

Сверхрегенеративный шум должен возникать плавно и без свиста на всем диапазоне принимаемых частот. Если шипение сопровождается свистом или вообще отсутствует, то это свидетельствует о неправильном режиме работы приемника или о наличии самовозбуждения в каскаде усиления низкой частоты.

Для устранения самовозбуждения рекомендуется экранировать провода от вторичной обмотки *II* трансформатора *Тр* к управляющей сетке лампы $Л_2$ и от микрофона *М* к приемопередатчику, заблокировать обмотку *II* трансформатора *Тр* конденсатором в 1 000 *пф* и пересоединить концы обмоток *I* или *II* трансформатора.

Режим работы приемника регулируется подбором сопротивления R_2 и конденсаторов C_2 и C_4. Сопротивление R_2 и конденсатор C_2 подбираются так, чтобы сверхрегенеративный шум (шипение) в телефоне был наибольшим. Величина сопротивления R_2 может лежать в пределах от 1 до 10 *Мом*, а емкость конденсатора C_2 от 25 до 100 *пф*. При большом сопротивлении R_2 и емкости C_2 получается свист в телефоне, а при малом — отдельные щелчки. Емкость конденсатора C_4 зависит от электрических данных обмотки *I* трансформатора *Тр* и подбирается в каждом отдельном случае (в пределах 5 000—50 000 *пф*). Для получения наибольшей чувствительности приемника следует емкость C_4 подбирать так, чтобы сверхрегенерация, обнаруживаемая в виде шипения в телефоне, еще возникала.

Исправность дросселей высокой частоты $Др_1$ и $Др_2$ проверяется прикосновением пальца к их выводам, которые не соединены непосредственно с лампой $Л_1$. Если дроссель исправен, то прикосновение к его выводу не должно срывать сверхрегенерацию.

Для повышения устойчивости работы приемника и передатчика дроссель $Др_1$ подключается к одному из средних витков катушки L_2. При этом собственная емкость и индуктивность дросселя меньше влияют на частоту генерируемых колебаний, чем в случае подключения его к крайним виткам катушки.

Положение отвода на катушке L_2 при более тщательном его подборе должно соответствовать нулевому потенциалу высокой частоты и дроссель $Др_1$ в этом случае оказывается вообще ненужным (сверхрегенеративный шум, слышимый в телефоне, не исчезает даже при закорачивании этого дросселя). Однако ввиду непостоянства точки нулевого потенциала по высокой частоте с изменением частоты настройки контура дроссель все же необходим. Следует отметить, что геометрическая середина катушки не является точкой нулевого потенциала по высокой частоте вследствие неодинаковости междуэлектродных емкостей лампы, поэтому отвод от середины катушки берется лишь приближенно.

Затем, установив переключатель $П_1—П_4$ в положение *2* (передача), переходят к налаживанию работы передатчика.

Сначала проверяют наличие высокочастотных колебаний в контуре. Подходящий указатель высокочастотных колебаний для передатчика малой мощности подобрать довольно трудно, поэтому при налаживании такого передатчика приходится временно увеличивать его мощность. Для этого замыкают накоротко модуляционный дроссель $Др_4$ и анодное напряжение увеличивают до 100 *в*. В этом случае указателем колебаний может служить лампочка накаливания на 1 *в*×0,075 *а*, присоединенная к витку провода (диаметр витка 3—

4 *см*). Нить лампочки должна накаливаться при приближении витка к катушке L_2.

Проверка модуляции производится после размыкания модуляционного дросселя и установления нормального анодного напряжения. При этом перед микрофоном ведут счет («раз, два, три» и т. д.) и прослушивают передачу на какой-либо УКВ приемник. Если модулирующее напряжение слишком велико, то передача сопровождается искажениями. Для уменьшения глубины модуляции последовательно в цепь микрофона включается переменное сопротивление с максимальной величиной до 500 *ом*. Изменяя величину этого сопротивления, находят положение, при котором передача слышна чисто и громко. Затем измеряют рабочую величину переменного сопротивления и заменяют его таким же постоянным сопротивлением.

При налаживании передатчика наивыгоднейший режим самовозбуждения определяется сопротивлением R_1, величина которого может подбираться в пределах от 10 до 47 *ком*.

После налаживания приемника и передатчика проверяют их рабочие частоты. Измерение частоты настройки контура приемника производится либо по УКВ сигнал-генератору, либо по градуированному приемнику (прослушивая на нем излучение сверхрегенератора в виде шипения), либо по волномеру. Частота настройки контура передатчика определяется по градуированному приемнику или волномеру. Проверка частоты настройки радиостанций производится с крышкой, надетой на корпус. При этом отмечается положение конденсатора настройки, соответствующее любительскому диапазону 38—40 *Мгц*.

Радиостанция должна работать как при приеме, так и при передаче на одной и той же частоте. Небольшое расхождение частот при приеме и передаче объясняется изменением режима работы первой лампы, что вызывает расстройку. Во время передачи напряжение на аноде первой лампы оказывается меньшим, чем при приеме (за счет падения напряжения на модуляционном дросселе $Др_4$). Уровнять эти напряжения можно, включив сопротивление (1—10 *ком*) между источником питания и обмоткой трансформатора *Тр* (на схеме это сопротивление показано пунктиром).

Следующим этапом налаживания является проверка работы радиостанции с антенной и подбор величины связи между катушками L_1 и L_2. Величина этой связи оказывает большое влияние как на режим работы сверхрегенератора во время приема, так и на мощность, отдаваемую в антенну при передаче (что определяет дальность радиосвязи). При чрезмерной связи сверхрегенерация возникает с трудом, слабые сигналы в этом случае принимаются с искажениями и чувствительность приемника понижается. Наоборот, слишком слабая связь с антенной невыгодна при работе передатчика, так как в этом случае получается малая отдача мощности в антенну. Поэтому в процессе налаживания радиостанции определяется какое-то среднее, наиболее выгодное как для приема, так и для передачи положение катушки L_1 по отношению к катушке L_2. Приближая или отодвигая катушку L_1 от катушки L_2, надо найти такое их положение, при котором сверхрегенерация еще не срывается, но связь антенны с контуром настолько велика, что в антенну отдается достаточная мощность. Подбор связи контура с антенной в радиостанции, у которой контуры приемника и передатчика являются общими, производится лишь при работе ее на прием. Тогда такая связь подойдет и при работе на передачу.

Неполное использование мощности передатчика этой простой радиостанции (из-за невозможности осуществить сильную связь с антенной) и некоторое изменение частоты настройки контура при переходе с приема на передачу (что приводит к уменьшению дальности радиосвязи при работе с другой однотипной радиостанцией) являются основными ее недостатками.

Прежде чем приступить к постройке передающей аппаратуры независимо от ее мощности, необходимо через местный радиоклуб в областном управлении Министерства связи получить разрешение на постройку, а затем на эксплуатацию любительской радиостанции. Без этого разрешения строить и эксплуатировать передающую аппаратуру категорически запрещается.

УКВ ПРИСТАВКИ[1]

ПЕРЕДАТЧИК. Передатчик предназначен для работы в любительском УКВ диапазоне 38—40 *Мгц* совместно с одноламповым конвертером и обычным радиовещательным приемником.

По схеме передатчик представляет собой одноламповый генератор, собранный по схеме индуктивной трехточки на лампе 6П6С в триодном включении (нижняя схема на рис. 1). Катушка контура включена между анодом и сеткой лампы так, что в средней части катушки токи высокой частоты отсутствуют и точку *1* можно соединить с «землей» по высокой частоте через конденсатор емкостью 560 *пф* (C_2

[1] «Радио», 1957, № 2.

на схеме), представляющий короткое замыкание для токов ВЧ и большое сопротивление токам НЧ. Поэтому катод лампы соединен непосредственно с корпусом. Высокое напряжение подается на анод лампы $Л_1$ генератора высокой частоты вместе с модулирующим напряжением в точке *1*. Конденсатор C_1 емкостью 30 *пф* препятствует попаданию высокого напряжения на сетку. Сопротивление R_1 представляет собой утечку сетки генераторной лампы. Контур настраивается с помощью подстроечного конденсатора C_3. Переход с передачи на прием сигналов осуществляется с помощью переключателя $П_1$.

В качестве модулятора используется выходная лампа приемника (чаще всего лампы типа 6П6С, 6Ф6С и 6П3С, имеющие одинаковые цоколевки). Пьезомикрофон или обычные наушники подключаются к входу звукоснимателя в приемнике. Напряжение низкой частоты, поступающее от микрофона, усиливается низкочастотным усилителем приемника и подается вместе с высокочастотным напряжением на анод генераторной лампы. При этом для нормальной работы передатчика громкоговоритель приемника должен быть отключен. Это осуществляется с помощью сдвоенного переключателя $П_1$, который отключает звуковую катушку громкоговорителя и одновременно включает высокое напряжение на анод генераторной лампы.

Прием производится на приемник с приставкой, при этом генератор отключается и включается звуковая катушка громкоговорителя. Для снижения общего тока, потребляемого от выпрямителя приемника, питание экранной сетки модуляторной лампы производится через гасящее сопротивление R_2=18 *ком*, заблокированное конденсатором C_4=10 *мкф*. Связь передатчика с антенной осуществляется с помощью катушки связи L_2.

Передатчик собран на алюминиевом шасси размером 150×100×20 *мм* с передней панелью высотой 100 *мм*, на которую выведены все ручки управления, а также гнезда антенны. Для уменьшения длины соединительных проводников лампа $Л_1$ расположена горизонтально таким образом, чтобы лепестки керамической ламповой панели были обращены в сторону катушки L_1. Поэтому в конструкции передатчика предусмотрена поперечная стенка, расположенная в середине шасси, на которой монтируется панель лампы. Двухполюсный переключатель $П_1$ расположен в левой части передней панели. Конденсатор переменной емкости C_3 (10÷50 *пф*) укрепляется на шасси с помощью изолирующей подставки вследствие того, что его пластины находятся под высоким напряжением. Из этих же соображений ось ротора соединяется с помощью втулки из изоляционного материала с ручкой управления, которая выводится на правую сторону передней панели. Втулка скрепляется с осью шпилькой.

Катушка контура L_1 содержит пять витков посеребренного провода диаметром 5—8 *мм*. После намотки, выполняемой на деревянной палочке диаметром 30 *мм*, витки следует раздвинуть деревянной пластинкой толщиной 3 *мм*. Катушка очень аккуратно припаивается непосредственно к конденсатору C_3. Тщательно изолированные фарфоровыми втулками зажимы *а* и *б* выведены на переднюю панель передатчика.

Катушка связи L_2 того же диаметра, что и L_1, состоит из двух витков посеребренного провода 0,8—1,5 *мм*. Она припаивается к зажимам *а* и *б*, которые выполняются из винтов диаметром 3—4 *мм*. На винты навинчиваются две гайки, одна из которых стягивает изоляторы, а другая служит для крепления антенны.

На свободном месте левой части шасси устанавливается электролитический конденсатор C_4. Для удобства монтажа лучше применить конденсатор с гайкой. Детали C_1 и R_1 монтируются непосредственно на лепестке ламповой панельки.

Питание передатчика производится от приемника через переходную колодку, сделанную из цоколя старой лампы (6П6С, 6П3С) и восьмиштырьковой панельки, которые соединяются следующим образом. Из цоколя удаляются остатки старой лампы, для чего, нагревая паяльником штырьки цоколя, протыкают их тонкой (0,5—0,8 *мм*) проволокой. После этого ко всем лепесткам ламповой панельки, за исключением четвертого и шестого, припаивают залуженные переходные проводнички из проволоки диаметром 0,6—0,8 *мм*. Кроме того, к лепесткам *2, 3, 4, 7* ламповой панельки припаиваются изолированные провода длиной 50—60 *см*. Для пропуска проводов через цоколь в нем сбоку просверливается отверстие. Пятый провод припаивается к четвертому штырьку внутри цоколя и также пропускается в отверстие в цоколе. Провода свиваются и монтируются вторыми концами к переходной колодочке с пятью лепестками, установленной на шасси передатчика, в следующем порядке: от второго лепестка ламповой панели к первому лепестку колодки на шасси передатчика, от седьмого — к второму от третьего — к третьему, от четвертого — к пятому и от четвертого штырька цоколя к четвертому лепестку колодки.

Чтобы провода не ломались, весь жгут прикрепляется к шасси с помощью скобочки из

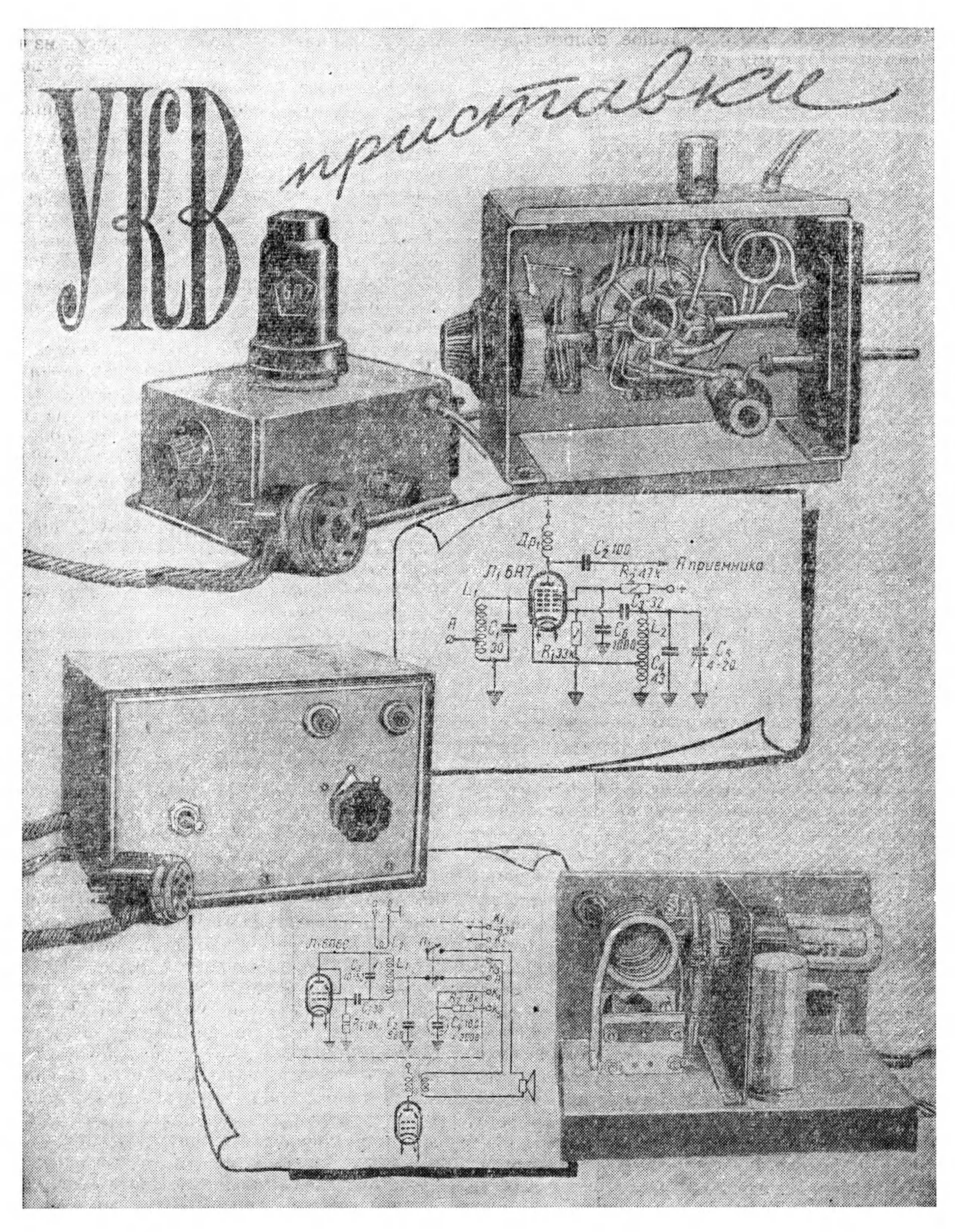


Рис. 1. Принципиальные схемы и конструкции УКВ приставок (верхняя часть рисунка — конвертор, нижняя — передатчик).

16*

тонкого металла. Колодочка под лепестки делается из любого изоляционного материала, а лепестки — из луженой латуни и прикрепляется к колодочке заклепками. Колодочка укрепляется на шасси двумя 3-*мм* болтиками с гайками на изолирующих втулках. Сопротивление R_2 припаивается одним концом к электролитическому конденсатору, а другим — к лепестку K_5.

Для монтажа переключателя $П_1$ необходимо отпаять незаземленный конец вторичной обмотки выходного трансформатора приемника, выводной конец звуковой катушки громкоговорителя и присоединить их, как показано на схеме, к двум зажимам одной половины переключателя $П_1$.

Монтаж должен быть выполнен проводниками минимальной длины. Монтаж высокочастотных цепей, идущих непосредственно от катушки, желательно выполнять посеребренным проводом. Пайка должна быть надежной.

Правильно собранный передатчик должен работать сразу без дополнительной подстройки. Для включения передатчика нужно вынуть выходную лампу приемника, вставить ее в переходную колодку, которую затем вставить в панельку выходной лампы. Чтобы убедиться в том, что передатчик работает, нужно к катушке L_1 поднести неоновую лампочку. Если передатчик работает, лампа должна светиться. Если неоновой лампы под рукой нет, можно к зажимам *а* и *б* присоединить осветительную лампу мощностью 3—5 *вт* (автомобильную): об исправности передатчика свидетельствует слабый накал лампы. По окончании проверки шасси вставляют в металлический кожух.

ОДНОЛАМПОВЫЙ КОНВЕРТОР. Конвертор предназначен для приема передач любительских УКВ радиостанций, работающих в диапазоне 30—40 *Мгц* с использованием обычного радиовещательного приемника, имеющего средневолновый диапазон. Конвертор выполнен на одной лампе типа 6А7 (верхняя схема на рис. 1). На входе конвертора включен контур L_1C_1, связь с антенной автотрансформаторная. Колебания ПЧ выделяются на дросселе $Др_1$, включенном в анодную цепь лампы 6А7, и через конденсатор C_2 100 *пф* подаются на вход радиовещательного приемника, который должен быть настроен на низшую частоту средневолнового диапазона.

Грубая настройка на частоту принимаемой станции производится конденсатором гетеродина C_5, а более точная — изменением частоты настройки приемника, т. е. промежуточной частоты конвертора. Таким образом, при использовании этого конвертора прием ведется с двойным преобразованием частоты.

Для изготовления конвертора требуется очень мало деталей и материалов. Собирается он на П-образной шасси с крышкой, сделанным из 1,5—2-*мм* алюминия, его размеры 80×60, глубина подвала 40 *мм*. В центре шасси сверлится отверстие диаметром 26 *мм* для керамической ламповой панельки. Радиолюбителю нужно изготовить только катушки L_1, L_2 и дроссель $Др_1$. Катушки наматываются голым медным проводом диаметром 1,2 *мм* на болванке диаметром 20 *мм*. Катушка L_1 имеет 9,5 витка с отводом от 2,5-го витка L_2 — 5,5 витка с отводом от 1,5-го витка (считая от заземленного конца). Дроссель $Др_1$ выполнен на каркасе из изоляционного материала (эбонит, текстолит, органическое стекло) и содержит 180 витков провода ПЭШО 0,12, намотанных внавал, ширина намотки 8—10 *мм*. На этом же каркасе укрепляются два лепестка, к которым припаиваются концы дросселя и монтажные провода.

Конденсаторы C_1, C_2, C_3 и C_4 должны быть керамическими, C_6 слюдяной, типа КСО.

В гетеродине применен конденсатор переменной емкости с тремя подвижными и двумя неподвижными пластинами, он изготовляется из обычного подстроечного конденсатора с воздушным диэлектриком. Для соединения конвертора с гнездами *А* и *З* приемника служит эбонитовая планка с укрепленными на ней двумя разрезными штырьками (от обычной штепсельной вилки). Расстояние между штырьками 20 *мм*.

Анодное напряжение и напряжение накала на конвертор подается от приемника, с которым он используется. Для этого изготовляется специальная переходная колодка, выполненная из цоколя перегоревшей лампы типа 6П6С или 6П3С и восьмиштырьковой панельки. Лепестки панельки должны быть соединены с соответствующими им штырьками цоколя. В цоколе просверливается отверстие, в которое пропускаются три провода от конвертора. Напряжение накала снимается с 1-го и 7-го штырьков, а +250 *в* — с 4-го штырька изготовленной колодки.

При отсутствии УКВ сигнал-генератора настройка конвертора производится следующим образом: конвертор с присоединенной наружной антенной подключают к приемнику, конденсатор гетеродина устанавливают в положение минимальной емкости и, сдвигая и раздвигая витки катушки L_2, добиваются приема передач любительских УКВ радиостанций.

Входной контур настраивается на частоту 39 *Мгц* изменением индуктивности катушки L_1 (сдвиганием и раздвиганием ее витков).

ПРОСТОЙ УКВ ПРИЕМНИК ЧАСТОТНОЙ МОДУЛЯЦИИ[1]

Четырехламповый приемник, схема которого приведена на рис. 1, собран по супергетеродинной схеме с использованием одной из его ламп одновременно для усиления промежуточной и низкой частоты. Он имеет две фиксированные настройки, на одной из которых производится прием звукового сопровождения телецентра (56,25 *Мгц*), а на другой — радиовещательного передатчика (67 *Мгц*) с частотной модуляцией.

Частота гетеродина выбрана ниже частоты сигнала из соображений повышения эффективности преобразования и стабильности работы гетеродина. Для точной подстройки частоты гетеродина в процессе эксплуатации служит переменный конденсатор малой емкости C_8, постоянно подключенный к катушке L_3.

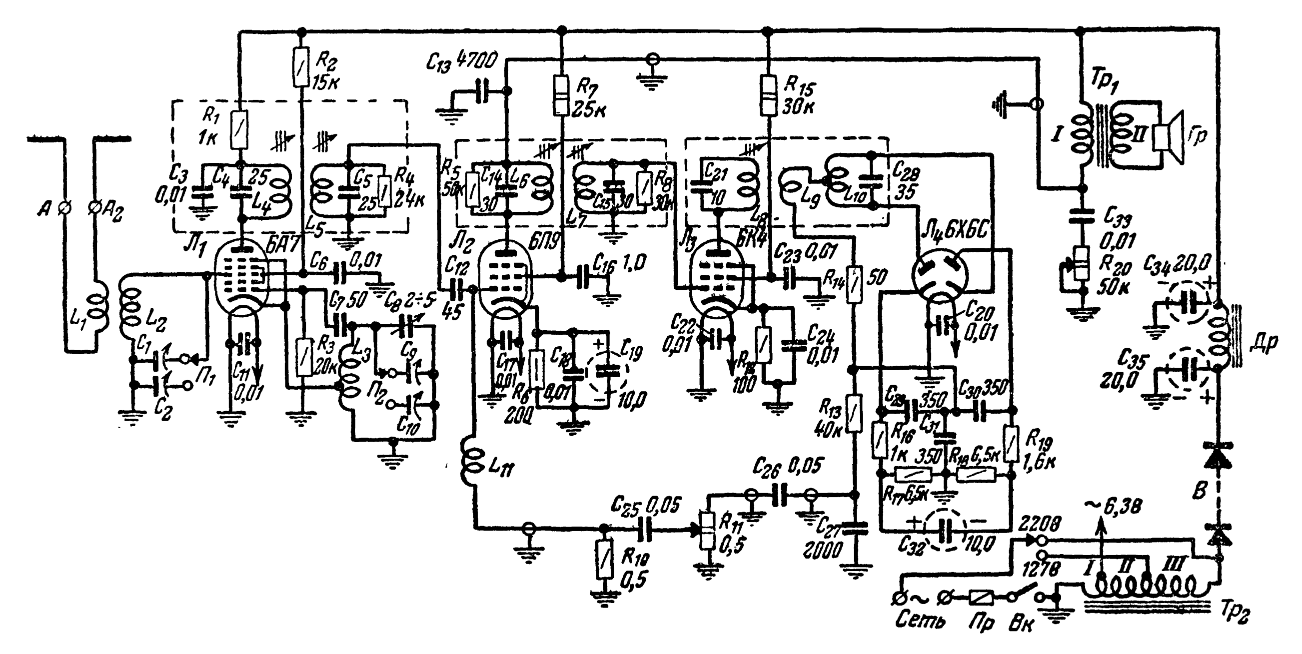


Рис. 1. Принципиальная схема простого УКВ приемника частотной модуляции.

Первый каскад приемника представляет собой обычный преобразователь частоты, работающий на лампе $Л_1$ типа 6А7, которая еще пригодна для работы на частотах до 60—70 *Мгц,* правда при малом коэффициенте передачи. Настройка на заданные частоты осуществляется переключением подстроечных конденсаторов C_1, C_2 и C_9, C_{10} типа КПК-1 на 6÷30 *пф*. Конденсаторами C_1 и C_2 настраивают входной контур, а C_9 и C_{10} — контур гетеродина.

Входной контур L_2, C_1, C_2 индуктивно связан с симметричной антенной при помощи катушки L_1.

В каскадах усиления промежуточной частоты работают лампы $Л_2$ типа 6П9 и $Л_3$ типа 6К4. В усилителе используются двухконтурные полосовые фильтры L_4, C_4, L_5, C_5 и L_6, C_{14}, L_7, которые настроены на частоту 8,25 *Мгц*. Трехобмоточный фильтр, включенный в анодную цепь лампы $Л_3$, состоит из L_8, C_{21}, L_{10}, C_{28} и L_9.

В схеме дробного детектора используется лампа $Л_4$ типа 6Х6С. Напряжение звуковой частоты, снимаемое с выхода детектора (C_{31}), через частотно-корректирующую цепочку R_{13}, C_{27} подается на управляющую сетку лампы $Л_2$, которая используется в рефлексной схеме дополнительно как усилитель низкой частоты. В анодную цепь этой лампы в качестве нагрузки для низкочастотных колебаний включен выходной трансформатор $Тр_1$.

Элементами развязки в этом рефлексном каскаде служат высокочастотный дроссель L_{11} и конденсатор C_{13}. Так как усиливаемые частоты резко отличаются друг от друга, промежуточная частота не модулирована по амплитуде,

[1] Г. Г. Костанди, Самодельные ультракоротковолновые приставки и приемники, Госэнергоиздат, 1955.

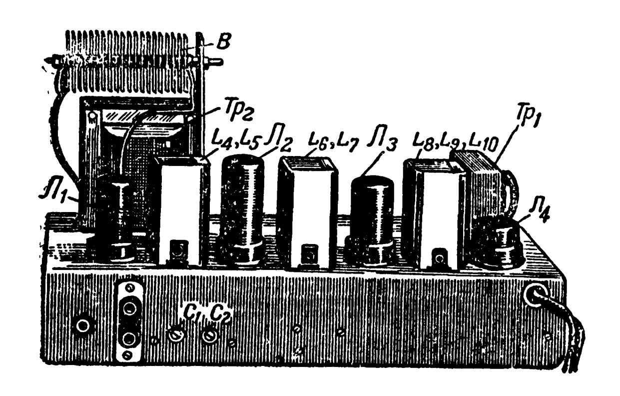


Рис. 2. Шасси простого УКВ приемника

а уровень ее на управляющей сетке лампы $Л_2$ относительно невелик, то двойное использование лампы 6П9 не вносит заметных искажений.

Выпрямитель собран на селеновом столбике *В* по однополупериодной схеме. В связи с применением автотрансформатора шасси приемника находится под напряжением сети переменного тока, и по этой причине заземлять его нельзя.

Катушки L_1 и L_2 намотаны на каркасе диаметром 15 *мм* с шагом 2 *мм*. Катушка L_1 имеет четыре, а L_2 — пять витков посеребренного провода диаметром 2 *мм*. Расстояние между катушками 8 *мм*.

Катушка гетеродина состоит из пяти витков такого же провода что и L_1 и L_2 и намотана на каркасе диаметром 20 *мм* с принудительным шагом 4 *мм*. Отвод сделан от полуторного витка, считая от заземляемого конца.

Каркасы для катушек L_1, L_2 и L_3 могут быть выполнены из радиофарфора, полистирола, эбснита или пластмассы К-21. Если приемник предназначается для приема звукового сопровождения киевского телевизионного центра, то катушки L_2 и L_3 должны иметь по четыре витка.

Дроссель L_{11} наматывается на сопротивление типа ВС-1 (100—500 *ком*). Он имеет 100 витков провода ПЭЛ-1 0,08. Обмотка его прогрессивно-разряженная. Дроссель помещается в жестяной экран диаметром 20 *мм*.

Катушки фильтров промежуточной частоты L_4, L_5, L_6 и L_7 имеют по 24 витка провода ПЭШО 0,18, намотанных виток к витку на каркасах диаметром 12 *мм*. Расстояние между катушками L_4 и L_5, а также между L_6 и L_7 около 14 *мм*. Катушки заключены в экраны от приемника «Ленинград».

Катушки фильтра дробного детектора намотаны на каркасе диаметром 14 *мм*. Двухзаходная катушка L_{10} наматывается с принудительным шагом неизолированных посеребренным проводом 0,3—0,036 *мм*. Она состоит из 15 витков при длине намотки 16 *мм*. На том же каркасе на колечке из полистирола или бумаги намотана катушка L_8, состоящая из 29 витков провода ПШО 0,18. Поверх катушки L_8 наматывается катушка L_9, состоящая из пяти витков провода ПШО 0,18. Расстояние между катушками L_8 и L_{10} около 10—15 *мм*.

Выходной трансформатор $Тр_1$ собран на сердечнике Ш-20×20. Обмотка *I* имеет 4 000 витков провода ПЭЛ 0,14, а обмотка *II*—65 витков провода ПЭЛ 0,5. Громкоговоритель взят от приемника «Рекорд».

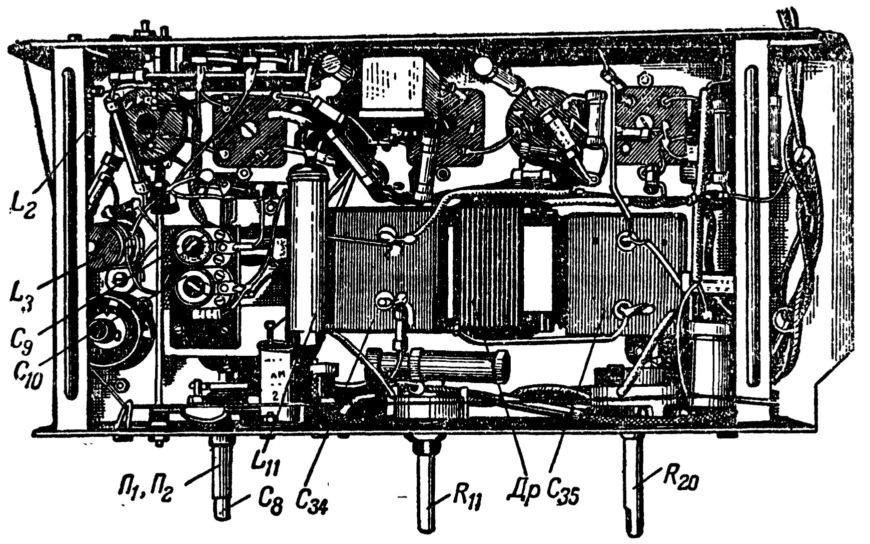


Рис. 3. Монтаж простого УКВ приемника.

Автотрансформатор $Тр_2$ собран на сердечнике из пластин Ш-20 (удлиненном); толщина набора 43 *мм*. Обмотка *I* имеет 34 витка провода ПЭЛ 1,2, обмотка *II*—636 витков провода ПЭЛ 0,57 и обмотка *Ш*—490 витков провода ПЭЛ 0,5.

Дроссель фильтра *Др* собран на сердечнике Ш-20× ×20 и состоит из 4 000 витков провода ПЭЛ 0,2.

Приемник смонтирован на шасси 350×150×60 *мм* из стали толщиной 1,5 *мм*. Расположение деталей и ламп на шасси показано на рис. 2, а монтаж приемника — на рис. 3.

Чувствительность приемника 700—1 000 *мкв*. Собственные шумы при подаче несущей частоты 53 *дб*. Подавление амплитудной модуляции глубиной 30% составляет 30 *дб*. Полоса пропускания на уровне 0,5 равна 210 *кгц*.

ЛИТЕРАТУРА

Книги

Ю. В. Костыков, Техника связи, Воениздат, 1953.

Книга знакомит с различными видами электрической связи: телеграфией, телефонией, радио и телевидением. Кратко рассказывается об ультракоротких волнах и частотной модуляции.

А. Ф. Плонский, Любительская радиосвязь на метровых волнах (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1953.

Физика процессов генерирования излучения, распространения и приема метровых волн. Схемы и конструкции любительских передатчиков, приемников и антенн метровых волн.

С. М. Алексеев, Радио в школе, Учпедгиз, 1953.

В книге преподавателя физики московской школы № 59 имени Н. В. Гоголя рассказывается об опыте работы школьного радиокружка и радиокабинета, которыми руководит автор. Большое место уделяется описанию УКВ радиостанции школы и деятельности кружка УКВ, являющегося пионером среди школ столицы.

И. П. Жеребцов, Введение в радиотехнику дециметровых и сантиметровых волн (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1953.

Физика сверхвысоких частот. Генерирование, излучение и распространение СВЧ, колебательные системы СВЧ. Специальные лампы для диапазона СВЧ

Ф. Честнов, В мире радио, Воениздат, 1954.

Популярные очерки о достижениях радиотехники и ее применении. Рассказывается о радиосвязи, радиовещании, радионавигации, радиолокации, телевидении и радиотелемеханике. Глава восьмая посвящена ультракоротким волнам и их будущему.

Н. М. Изюмов, Радиорелейная связь (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1954.

Описание принципов построения радиорелейных линий связи, а также схем и аппаратуры, используемых в радиотрансляционных устройствах на сверхвысоких частотах.

Н. Казанский, Радиолюбительский спорт, Издательство ДОСААФ, 1955.

В книге, знакомящей с историей радиолюбительского спорта, достижениями советских коротковолновиков и вопросами подготовки радистов, имеется глава, посвященная ультракоротковолновикам.

Г. Г. Костанди, Самодельные ультракоротковолновые приставки и приемники (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1955.

Описание шести конструкций приставок и приемников, позволяющих принимать радиовещательные передачи с частотной модуляцией и передачи звукового сопровождения телевизионных центров.

А. М. Кугушев, Ультракороткие волны и их применение, Издательство «Знание», 1955.

Брошюра содержит две лекции. Первая знакомит с особенностями ультракоротких волн, а вторая — с практическим применением техники УКВ.

Б. Ф. Дубровин, Радиотелефонная связь с подвижными объектами (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1956.

Принципы организации радиотелефонной ультракоротковолновой связи с автомобилями, тракторами, мелкими судами и применяемая для этого аппаратура.

В. В. Яковлев, Ультракоротковолновые измерительные приборы (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1956.

Описание схем и конструкций простых самодельных измерительных приборов для диапазонов метровых и дециметровых волн.

В помощь радиолюбителю, выпуск 1, Издательство ДОСААФ, 1957.

В сборнике среди других любительских конструкций имеются описания: УКВ приставки к вещательному радиоприемнику и любительской радиостанции на 144—146 *Мгц*.

Л. И. Куприянович, Карманные радиостанции (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1957.

Описание пяти самодельных несложных карманных УКВ радиостанций, рассчитанных на работу в диапазоне 38—40 *Мгц* и обеспечивающих связь от 800 *м* до 3,5 *км*. Даются указания по их сборке и налаживанию.

Статьи

С. А. Бажанов, Бесшумное радио, «Радиофронт», 1940, № 21—22.

А. Д. Князев, Радиовещание на УКВ, «Наука и жизнь», 1955, № 8.

В. Василищенко, Любительский УКВ приемник, «Радио», 1955, № 3.

В. Яковлев, Любительский УКВ батарейный приемник, «Радио», 1955, № 10.

Л. Куприянович, Переносная УКВ радиостанция, «Радио», 1955, № 12.

В. Василищенко, Передатчик на 38—40 *Мгц*, «Радио», 1956, № 3.

В. Василищенко, Передатчик на 144—146 *Мгц*, «Радио», 1956, № 4.

Н. Казанский, Антенны для диапазонов 144 и 420 *Мгц*, «Радио», 1956, № 5.

В. Яковлев, Приемник на 420—425 *Мгц*, «Радио», 1956, № 5.

Р. Сворень, Градуировка УКВ радиостанции, «Радио», 1956, № 5.

В. Ломанович, Радиостанция на 144—146 *Мгц*, «Радио», 1956, № 6.

Д. Линде, Антенны для УКВ, «Радио», 1956, № 6.

Распространение ультракоротких волн (144—420 *Мгц*), «Радио», 1956, № 7.

Б. Левандовский, Радиостанция на 38—40 *Мгц*, «Радио», 1956, № 7.

В. Ломанович, Радиостанция на 420—425 *Мгц*, «Радио», 1956, № 8.

Д. Высоковский, Дальнее распространение УКВ, «Радио», 1956, № 9.

Н. Кожевников, Простой передатчик на 420—425 *Мгц*, «Радио», 1956, № 10.

А. Бабаев, Батарейный УКВ приемник, «Радио», 1956, № 11.

Б. Елизаров, УКВ радиостанция на 144—146 *Мгц*, «Радио», 1956, № 12.



ГЛАВА ТРИНАДЦАТАЯ

ТЕЛЕВИДЕНИЕ

БАШНЯ «МОСКВА»[1]

...Над бульварами и голубой излучиной Москвы-реки, над зеленью Ленинских гор стоит, касаясь летящих облаков, грандиозное сооружение из ажурной стали. К радиобашне «Москва» еще не привыкли, и не удивительно, что туристы, экскурсанты и просто свободные от работы москвичи едут полюбоваться новым сооружением.

...Следуя за длинной тенью от металлической вязи, въезжаем на площадь под башней. Экскурсанты, выбежав из автобусов, выбирают точки для съемки. Каждый хочет увезти на память фотографию удивительного сооружения. Очередь выстраивается перед лифтом, поднимающим гостей на башню «Москва». Экскурсовод объясняет:

— Перед вами, товарищи, радиобашня «Москва». Высота этой башни пятьсот метров. Ясно? Даю справку: она почти вдвое выше Эйфелевой башни в Париже и выше самого большого небоскрёба в Нью-Йорке «Эмпайр стейт билдинг». Башня построена для ведения передач «большого телевидения». Новое сооружение изменило силуэт Москвы. А теперь, товарищи, прошу к лифту.

Просторная кабина взвивается вверх. На матовой панели вспыхивают цифры пройденных метров: 50, 100, 150, 200... Сквозь прозрачные стены из органического стекла видно, как, расступаясь, отходят внизу здания и бульвары и приближаются, готовые стиснуть кабину лифта, мощные металлические конструкции башни. Стоп! Выходим из лифта на первую смотровую площадку. С огромной высоты открывается чарующая панорама столицы. Тишина нарушается лишь шумом пролетающего самолета. Внизу, под нами, сверкает шпиль Дворца науки. А давно ли вот с таким же сильным чувством смотрели мы с Дворца на Ленинские горы и на всю Москву!

[1] Е. Рябчиков, Башня «Москва», «Огонек», 1956, № 52.

После небольшого отдыха пересаживаемся в другой лифт и продолжаем подъем. Снова остановка. Верхняя металлическая площадка прилепилась на головокружительной высоте. На ней расставлены кресла, подзорные трубы. Чуть звучит приглушенная радиомузыка, и звенит посуда в буфете. Звуки простой, будничной жизни, поднятой в небо, только подчеркивают раздольную и величавую панораму столицы, раскинувшейся от горизонта к горизонту.

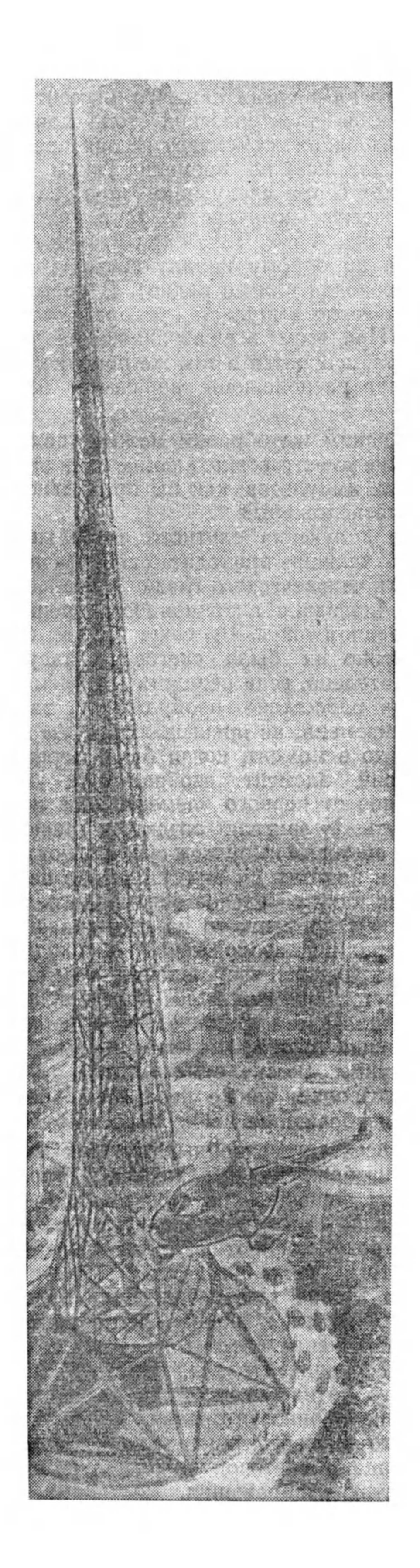
От последней «смотровой площадки» до вершины башни остается еще добрых сто метров. Попросим разрешения у служителя подняться с ним в маленькой и тесной кабине лифта за грань действия грозного объявления: «Посторонним подъем строго воспрещается».

Как ощутимо сжались балки! Башня стала теперь узкой, свечевидной, и внутри нее осторожно движется кабинка. И вот последняя остановка. Дальше можно взбираться только по винтовой лестнице. Дух захватывает, когда достигаешь венчающей башню площадки. Странное ощущение: точно вместе с башней летишь куда-то в сторону. Хотя и знаешь, что это — обычное колебание башни, но привыкнуть к нему трудно.

Воздух чист и прозрачен. Видно далеко-далеко. Столица с ее новыми районами, магистралями, набережными рисуется рельефной многоцветной картой. Маленькими кажутся теперь высотные сооружения: и колокольня Ивана Великого в Кремле, и клетчатая Шуховская башня на Шаболовке, и даже белокаменные высотные здания на Смоленской, Комсомольской площадях, на Котельнической набережной, даже Дворец науки на Ленинских горах.

...Теперь внесем ясность: все, о чем мы рассказывали, пока что всего лишь фантазия. Радиобашни «Москва» нет, но она уже существует в проекте, и недалеко время, когда стальная громада вырастет над столицей.

* * *



Эта уникальная стальная башня войдет в комплекс реконструированного Московского телецентра.

Фактически сооружается новый телецентр, оборудованный по последнему слову техники, для передачи двух программ черно-белого телевидения и одной цветной программы.

Он будет иметь 11 студий и три новых УКВ передатчика мощностью 60, 80 и 15 *квт* (последний для цветного телевидения).

Работы по внедрению цветного телевидения, так же как и реконструкция Московского телецентра, входят в большую программу развития телевидения, намеченную XX съездом КПСС.

К 1960 г. в Советском Союзе будет не менее 75 телевизионных станций. Производство телевизоров возрастет до 2 миллионов 300 тысяч штук.

Специальные каналы связи для обмена программами соединят телевизионные центры Москвы, Ленинграда, столиц союзных республик и других крупных городов.

ПРИНЦИПЫ ТЕЛЕВИДЕНИЯ [1]

Последние два столетия характеризуются бурным прогрессом различных областей техники. Изобретение и развитие паровых двигателей, электрических машин, двигателей внутреннего сгорания, электроники позволили осуществить внедрение машин во все отрасли промышленности и сельского хозяйства. Новую эру знаменует собой овладение атомной энергией.

Техника глубоко вошла и в быт. Широчайшие горизонты в развитии культуры открыло радио. Победоносно шествует телевидение — одно из наиболее интересных творений человеческого гения. Оно начинает проникать во многие области науки и техники. Недалеко то время, когда их дальнейшее развитие будет невозможным без телевидения так же, как оно невозможно сейчас без электричества, радио и электроники.

* * *

Телевидение как наука о передаче изображений на расстояние значительно старше своих «братьев» — радио и электроники — и существует уже около 100 лет. Однако как отрасль техники современное, высококачественное телевидение насчитывает не больше 20 лет. Объясняется это тем, что практическое осуществле-

---

[1] А. Я. Брейтбарт, «Наука и жизнь», 1957, № 5.

ние давно известного принципа передачи движущихся изображений оказалось возможным лишь на определенной стадии развития радиотехники и особенно электроники.

Электрическая энергия является единственным видом энергии, которую человек умеет передавать на большие расстояния, даже когда между источником и приемником существуют какие-либо преграды. Поэтому любой другой вид энергии, который надо передать на большое расстояние, будь то энергия звука или световая энергия изображения, должен быть преобразован в электрический ток.

Передача звуковой энергии или световой энергии изображения осуществляется с помощью переменного тока, изменяющегося в соответствии с изменениями передаваемой энергии. Электрический ток может очень быстро изменяться по любому заданному закону и обладает той особенностью, что в каждое мгновение имеет в какой-либо точке канала связи одно-единственное значение.

В этом отношении переменный электрический ток очень сходен со звуком. Давление, создаваемое в данной точке пространства любым, самым сложным источником звука, например оркестром, может изменяться как угодно быстро и по сколь угодно сложному закону, но в каждое мгновение оно имеет только одно значение. Поэтому преобразование звуковой энергии в электрическую — сравнительно простая задача, осуществляемая с помощью микрофона.

Значительно сложнее преобразование световой энергии изображения, особенно движущегося, в электрическую. Любое изображение состоит из большого или меньшего в зависимости от его сложности количества световых пятен различной формы и интенсивности. Форма и расположение пятен могут изменяться во времени, но в каждый данный момент они все существуют одновременно и не могут быть переданы с помощью одного какого-то значения тока. Для непосредственного преобразования световой энергии изображения в электрический ток потребовалось бы столько каналов связи, сколько имеется отдельных световых пятен на изображении. Естественно, что осуществить это практически невозможно.

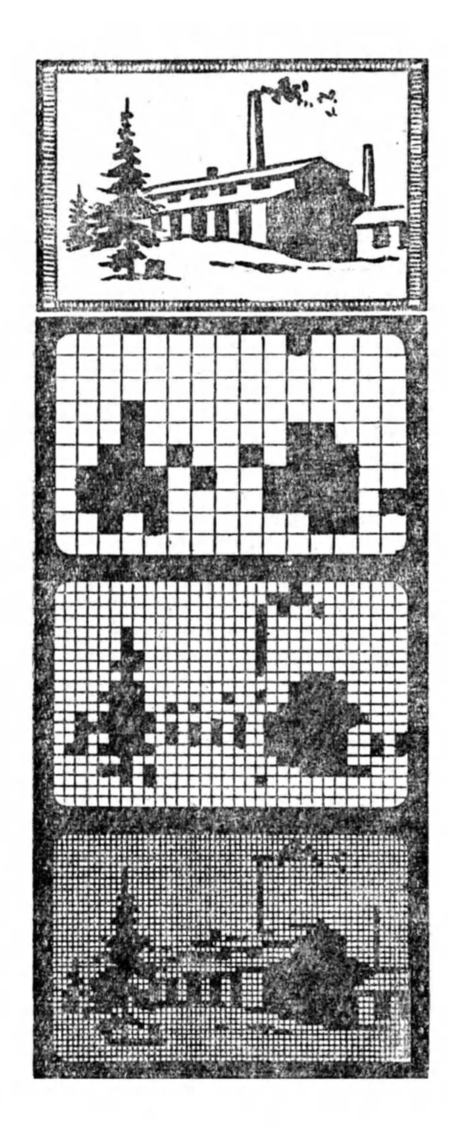
Поэтому для передачи изображений как неподвижных (в фототелеграфии), так и движущихся (в телевидении) был применен принцип разложения изображения на элементы. Он состоит в том, что все изображение разбивается на небольшие участки. Чем меньше эти участки, тем больше мелких деталей можно передать, тем выше «четкость» изображения.

Световая энергия каждого элемента преобразуется в электрический ток, причем это преобразование происходит не одновременно, а последовательно во времени. Таким образом, возникает серия следующих друг за другом электрических импульсов, т. е. переменный электрический ток. Такой ток уже может быть передан по одному каналу связи (по одной паре проводов или по радио). В месте приема электрические импульсы преобразуются в световые. При этом все возникающие световые пятна размещаются в том же порядке, в каком они были расположены на самом изображении.

Но каким же образом можно увидеть изображение вместо возникающих один за другим световых импульсов, как бы правильно они ни были расположены?

Для получения слитного изображения на помощь технике приходит своеобразная особенность человеческого глаза. Зрительное ощущение благодаря инерционности зрения длится в среднем около $1/10$ секунды, как бы кратковременно ни было световое раздражение. Следовательно, если передать все элементы, на которые разложено изображение, за промежуток времени, не превышающий $1/10$ доли секунды, то в момент, когда будет передаваться последний элемент изображения, световое ощущение от первого элемента еще не успеет исчезнуть. У зрителя создается впечатление, что все световые импульсы существуют одновременно, и поэтому он видит слитное изображение. Так как зрительное ощущение ослабевает с течением времени, то во избежание появления мерцания изображения необходимо все элементы одного изображения передавать за промежуток времени более короткий, чем время инерции глаза. В современном черно-белом телевидении этот промежуток времени равен $1/25$ секунды. Важно отметить, что такая скорость позволяет также передавать без искажений изображения движущегося объекта.

Во всех телевизионных центрах мира элементы изображения передаются в строго определенном порядке — по строкам, причем перемещение по строкам происходит слева направо, а строки сменяют друг друга сверху вниз. След этого движения каждый может наблюдать на экране телевизора. Если подойти достаточно близко к экрану, легко обнаружить, что изображение состоит из тонких горизонтальных линий. Правда, заметить движение светового пятна невозможно из-за описанной выше инерционности зрения. Следует упомянуть, что и современные телевизионные экраны обладают световой инерцией, помогающей восприятию изображения.



Чем меньше участки, на которые разбивается изображение, тем больше мелких деталей можно передать.

Число элементов, на которое разбивается все изображение, неодинаково в разных странах. В СССР принято разложение на 625 строк. Так как в строке около 800 элементов, то все изображение разбивается на полмиллиона элементов (625 × 800), которые передаются 25 раз в секунду. Таким образом, общее число элементов, передаваемых в одну секунду, достигает огромной величины — около 13 миллионов!

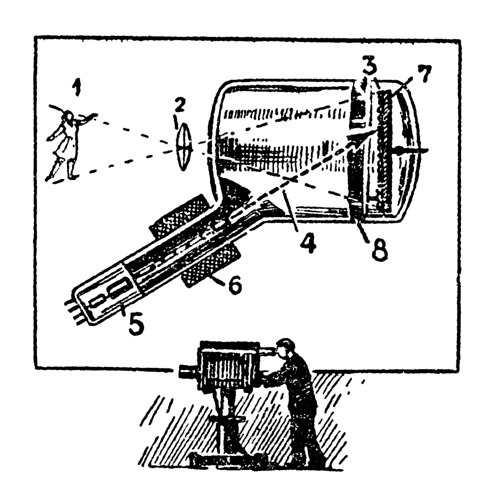
Для передачи столь большого числа электрических импульсов необходимы весьма совершенные электронные лампы и радиотехнические приборы, причем передача по радио может быть осуществлена только на ультракоротких волнах. К этому следует добавить, что световая энергия одного элемента изображения составляет совершенно ничтожную величину (так как общая энергия изображения распределяется между всеми его элементами). Поэтому для преобразования ее в электрическую энергию требуются очень сложные вакуумные приборы. Именно этими обстоятельствами и объясняется сравнительно поздний расцвет техники телевидения.

Как уже упоминалось, световые элементы должны быть расположены на приемном конце в той же строгой последовательности, как и на передающем. В противном случае никакого изображения не удастся воспроизвести. Требуемая последовательность достигается в телевизоре соответствующей настройкой двух генераторов: генератора строчной частоты, осуществляющего перемещение светового элемента по строке, и генератора кадровой частоты, задающего правильную последовательность строк.

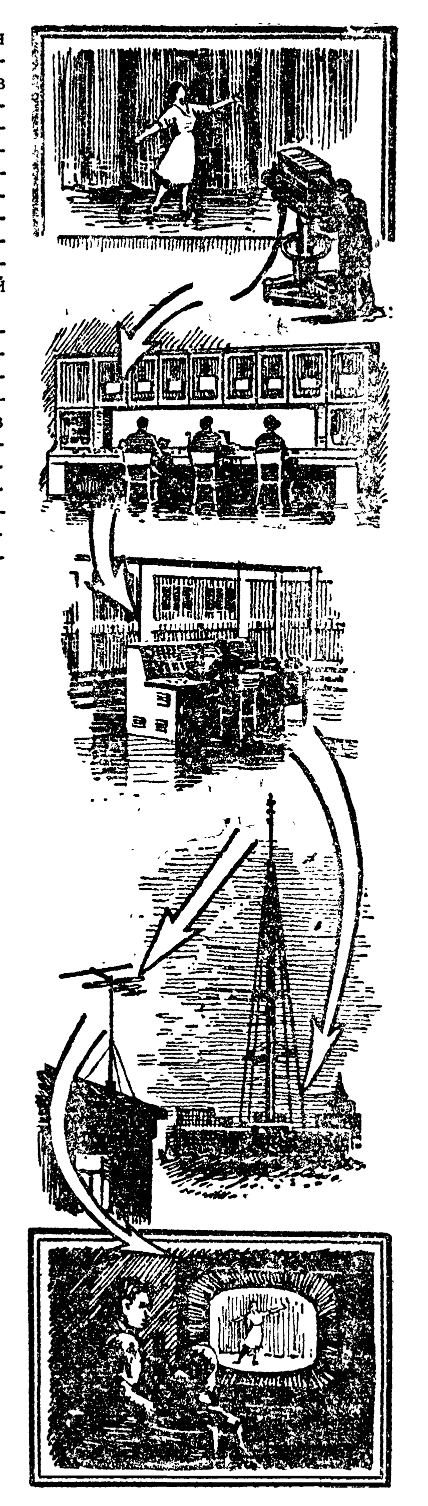
Многие, вероятно, неоднократно убеждались, в том, что в случае неправильной настройки этих генераторов (ручки настройки которых имеются в каждом телевизоре) либо изображение перемещается вверх или вниз, либо вместо изображения на экране наблюдаются наклонные линии, а то и просто хаотическое нагромождение непрерывно перемещающихся черных пятен. Это означает, что нарушена синхронизация, т. е. строго согласованное во времени движение двух элементов на передающем и приемном концах.

Для преобразования световой энергии в электрическую используется явление фотоэффекта, наблюдаемое у некоторых металлов и заключающееся в том, что свет, попадая на их поверхность, увеличивает энергию всегда имеющихся свободных электронов, в результате чего они приобретают большие скорости и могут покинуть металл. Если поместить металлическую поверхность в вакуум, то освободившиеся электроны можно собрать на другой металлической поверхности, так что между ними возникнет ток, пропорциональный величине световой энергии.

Теперь расскажем коротко об устройстве иконоскопа — простейшей передающей трубки (в настоящее время применяются более сложные передающие трубки). В стеклянном цилиндрическом баллоне, из которого удален воздух, помещен светочувствительный слой, нанесенный на изоляционную пластинку. Этот слой, называемый мозаикой, состоит из множества мельчайших, изолированных друг от друга светочувствительных зерен. С противоположной стороны изоляционной пластинки на-



Передаваемое изображение *1* проектируется при помощи объектива *2* на мозаику *3* иконоскопа, находящегося в телевизионной камере. Разложение изображения производится электронным лучом *4*, создаваемым электронным прожектором *5*. Отклоняющая система *6* заставляет электронный луч обегать мозаику. Возникающие в цепи мозаики, сигнальной пластины *7* и коллектора *8* электрические сигналы подаются на усилитель.



Световая энергия изображения преобразовывается в телевизионной камере в электрические сигналы, которые из аппаратной студии поступают в радиопередатчик. Ультракороткие волны, излучаемые антенной телевизионного центра, принимаются антенной телевизора. Преобразование электрических сигналов в изображение осуществляется в кинескопе, дно которого, покрытое люминесцентным слоем, является экраном телевизора.

несен металлический слой, называемый сигнальной пластинкой.

На мозаику с помощью фотографического объектива проектируется изображение. Световая энергия изображения выбивает из светочувствительных зерен мозаики электроны, которые попадают на коллектор, нанесенный на внутреннюю поверхность баллона. Элементы мозаики теряют тем больше электронов, чем больше световой энергии попадает на них. В результате на мозаике образуется «электрический рельеф», в точности повторяющий распределение света и тени на изображении. В горловине цилиндрической колбы расположен «электронный прожектор» («электронная пушка») — устройство, формирующее тонкий пучок электронов, летящих с большой скоростью на мозаику. Чтобы электронный пучок обегал мозаику по строкам по всей ее поверхности, имеется отклоняющая система, расположенная на горловине. Когда электронный пучок попадает на какое-нибудь место мозаики, он восстанавливает на нем все электроны, потерянные в результате воздействия световой энергии. При этом в цепи, состоящей из сигнальной пластины, мозаики и коллектора, возникает импульс тока, тем больший, чем больше было потеряно в данной точке электронов и, следовательно, чем ярче было освещено это место. Таким образом, в цепи сигнальной пластины возникает переменный электрический ток; он усиливается, затем к нему добавляются специальные сигналы, необходимые для получения синхронного движения светового пятна в приемнике. Наконец, ток преобразуется в радиопередатчике таким образом, чтобы он мог попасть в антенну телезрителя в виде электромагнитных колебаний.

Обратное преобразование электрической энергии в световую и, следовательно, восстановление изображения происходят в приемной трубке — кинескопе (расположен в телевизоре), который устроен следующим образом.

Из конической колбы, дно которой покрыто люминофором—веществом, способным светиться под воздействием попадающих на него быстрых электронов, откачан воздух. В цилиндрической горловине, как и в иконоскопе, помещен электронный прожектор. Создаваемый им электронный пучок под действием отклоняющей системы чертит на люминофоре строки.

Принятый антенной телевизионный сигнал преобразуется и усиливается, после чего подается на один из электродов электронного прожектора, называемый управляющим. Назначение этого электрода — изменять интенсивность электронного пучка пропорционально интенсивности подаваемого на него сигнала. Так как люминофор светится тем сильнее, чем интенсивнее электронный пучок, а движение электронного пучка строго синхронно с движением электронного пучка в передающей трубке, то распределение света и тени на люминофоре оказывается таким же, как на мозаике иконоскопа. На люминофоре возникает то же изображение, что и на мозаике.

Кроме усилителя, в телевизоре имеются специальные генераторы для питания отклоняющей системы током требуемой формы, устройство для синхронизации этих генераторов и, следовательно, движения электронного луча, источники питания и другие вспомогательные устройства.

Несмотря на значительные успехи, достигнутые за последние годы в области телевидения, передаваемые изображения не лишены ряда недостатков. Но телевизионная техника интенсивно совершенствуется и развивается, что, несомненно, приведет к значительному повышению качества изображений.

ЧИСЛО СТРОК И ПОЛОСА ЧАСТОТ[1]

Четкость телевизионного изображения принято характеризовать числом строк, на которое оно делится. Это число часто называют стандартом четкости.

В начале 30-х годов у нас было 30-строчное телевидение. В конце 30-х годов, после перехода с механического телевидения на электронное, Ленинград вел передачи с разбивкой изображения на 240 строк, а Москва — на 343 строки. При возобновлении телевизионных передач после Великой Отечественной войны Ленинград применил разбивку на 420 строк, а Москва — на 625 строк. Вскоре разбивка изображения на 625 строк была закреплена как Всесоюзный стандарт, обязательный для всех наших телевизионных передатчиков. Этот стандарт четкости — один из самых высоких в мире.

Но следует отметить, что одно только число строк не характеризует полностью четкость телевизионной передачи. Число строк определяет вертикальную четкость, т. е. то количество отдельных элементов, которое может содержать на экране телевизора вертикальная линия. Четкость же по горизонтали — число элементов, которое может содержать строка изображения, зависит от полосы частот, излучаемой передатчиком и воспроизводимой приемником.

У нас принят формат изображения 4×3, т. е. длина изображения больше его высоты в 1,33 раза. Этот формат соответствует стандарту, принятому в кино; он приятен для глаза. По вертикали телевизионное изображение разбивается на 625 строк. Если считать, что каждый элемент изображения должен представлять собой квадратик со стороной, равной ширине строки, то число элементов в строке будет:

$$625 \cdot 1{,}33 = 831,$$

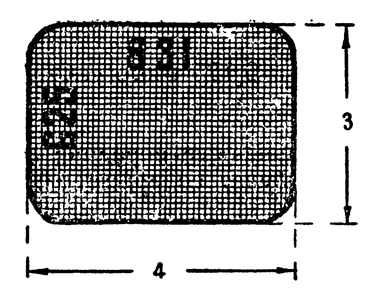
а всего изображение будет состоять из $625 \cdot 831 = 520\,000$ элементов.

У такого изображения четкость по вертикали и горизонтали будет одинакова. Определим длительность передачи одного элемента. Для этого нам надо знать, сколько времени уходит на прочерчивание одной строки. По действующему у нас стандарту телевизионное изображение делится на 625 строк; в секунду передается 25 кадров. Следовательно, в секунду электронный луч прочерчивает

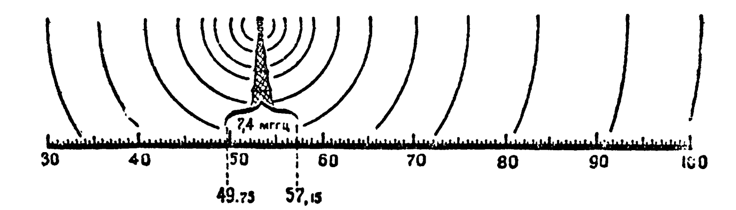
$$25 \cdot 625 = 15\,625 \text{ строк.}$$

Продолжительность прочерчивания одной строки составляет:

$$1 : 15\,625 = 0{,}000064 \text{ секунды} = 64 \text{ микросекунды.}$$



[1] Л. В. Кубаркин, Е. А. Левитин, Занимательная радиотехника, Госэнергоиздат, 1956.



За эти 64 микросекунды электронный луч не только прочерчивает на экране видимую нами строку, но и совершает «прыжок» к началу следующей строчки. Это время обратного хода равно 8 микросекундам, поэтому действительная длительность пробега лучом одной строки равна приблизительно 56 микросекундам.

Если передача одной строки продолжается 56 микросекунд, следовательно, продолжительность передачи одного элемента изображения равна:

$$56 : 831 = 0{,}067 \text{ микросекунды.}$$

Если один из двух квадратиков изображения, лежащих рядом на строке, белый, а другой черный, то ток, модулирующий телевизионный передатчик, должен измениться от минимума до максимума за время передачи двух элементов. Следовательно, частота этого тока должна быть

$$\frac{1}{2 \cdot 0{,}067 \cdot 10^{-6}} = 7\,400\,000 \text{ герц} = 7{,}4 \text{ мегагерца.}$$

А так как излучаемая передатчиком полоса частот определяется высшей модулирующей частотой, то полоса телевизионной передачи должна составлять 7,4 мегагерца.

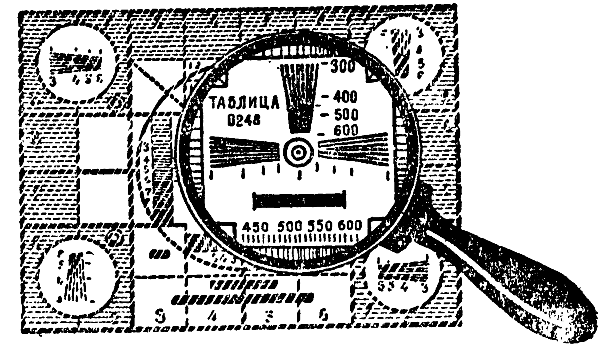
Надо заметить, что такая полоса частот еще не обеспечит резкого перехода яркости от квадратика к квадратику: переходы будут не резкими, а постепенными, «размазанными». Для создания более или менее резкого перехода полоса частот должна быть еще в 2—3 раза шире. Однако на практике не удается обеспечить и такую минимально необходимую полосу, как 7,4 мегагерца.

Наши современные телевизоры пропускают полосу около 4 мегагерц. Нетрудно подсчитать, что при такой полосе время передачи одного элемента составит не 0,067 микросекунды, а

$$\frac{10^6}{2 \cdot 4 \cdot 10^6} = 0{,}125 \text{ микросекунды.}$$

При такой длительности передачи одного элемента в строке будет содержаться:

$$\frac{56}{0{,}125} = 450 \text{ элементов.}$$



Это и есть та самая четкость, или число строк, которая определяется по вертикальному клину испытательной телевизионной таблицы, т. е. фактическая четкость изображения по горизонтали. Клин этот построен так, что цифра, которая находится у той его части, где еще можно различить в отдельности вертикальные линии, соответствует наибольшему числу элементов, которое можно различить в строке изображения. При полном использовании стандарта горизонтальная строка изображения должна состоять из 831 элемента, фактически же при полосе 4 мегагерца она состоит всего из 450 элементов, а все изображение вместо 520 000 элементов состоит из

$$625 \cdot 450 = 280\,000 \text{ элементов.}$$

Ниже помещена таблица, в которой приведены значения четкости по горизонтали и общее число элементов в изображении при различных полосах частот.

Полоса частот, мегагерцы	Число элементов в строке	Число элементов в изображении
3	340	212 000
3,5	400	250 000
4	450	280 000
4,5	500	312 000
5	560	350 000

Из таблицы видно, что, если например, число строк, определенное по вертикальному клину испытательной таблицы, равно 425, то полоса частот, воспроизводимая телевизором, составляет примерно 3,75 мегагерца.

Таким образом, четкость телевизионных изображений определяется не только числом строк, но и полосой частот. Первое характеризует четкость по вертикали, а вторая — по горизонтали. При данном числе строк четкость по горизонтали тем выше, чем шире полоса частот. Наибольшее число элементов, из которых составляется изображение, равно произве-

дению числа строк на цифру, характеризующую четкость по горизонтали.

Естественно, что ширина пропускаемой полосы частот зависит не только от телевизора, но и от антенны. Лучшие телевизионные антенны поэтому и называются широкополосными.

НОВЫЕ ТЕЛЕВИЗОРЫ[1]

В первые годы шестой пятилетки советская радиопромышленность разработала и пустила в производство новую серию телевизоров.

Применяя новую технику и используя последние достижения науки, радиозаводы страны выпускают телевизоры на уровне современной техники.

По своим схемам, качеству передачи изображения, качеству звучания, а также внешнему оформлению они не уступают большинству зарубежных моделей телевизоров.

Новые телевизоры значительно меньше своих предшественников по габаритам, а размеры экранов у них намного больше.

Многие преимущества новых телевизоров определяются применением электронно-лучевых трубок (кинескопов) с прямоугольным экраном.

Кинескопы с прямоугольным экраном и электростатической фокусировкой обеспечивают более равномерную фокусировку луча по всему полю экрана. В них не наблюдается «размыва» изображения по краям экрана, как это происходит в старых типах кинескопов.

Новые телевизоры отличаются повышенной экономичностью и значительно меньшим весом, чем телевизоры старых типов. Это достигается применением в них «пальчиковых» ламп, полупроводниковых диодов, селеновых выпрямителей и бестрансформаторных схем. В некоторых телевизорах полупроводниковые диоды заменяют от двух до пяти электронных ламп.

Детали и узлы телевизоров унифицированы, что позволило организовать централизованное производство всех основных их элементов.

Применение новых кинескопов, радиоламп, узлов и деталей, а также удачное решение схемных вопросов позволили значительно поднять чувствительность телевизоров, тем самым увеличить дальность приема, улучшить четкость изображения и на 25—30% снизить потребление электроэнергии.

Новые телевизоры обладают хорошим звучанием: в них используются новые типы громкоговорителей (эллиптические низкочастотные и высокочастотные) различной мощности, от 1 до 10 *вт*, с диапазоном частот до 12 000 *гц*. Они имеют магниты, изготовленные из специального сплава, позволяющего уменьшить вес громкоговорителя почти в 3 раза.

В зависимости от модели телевизора в них применяется до четырех-пяти громкоговорителей, располагаемых в различных местах ящика. Благодаря этому, достигается более полный охват звуковых частот, обеспечиваются приятный тембр и стереофоничность звука.

Большинство новых телевизоров (разработки 1956 г.) рассчитано на прием пяти каналов (программ). Недавно в СССР утверждено семь новых телевизионных каналов в диапазоне от 174 до 230 *Мгц* и наша промышленность приступила к выпуску телевизоров на 12 каналов. Первым двенадцатиканальным телевизором является «Темп-3». Здесь мы позволим себе сделать некоторое отступление от основной темы.

Дело в том, что многие радиозрители и начинающие радиолюбители не совсем ясно представляют себе, что такое телевизионный канал. Часто спрашивают: почему мой телевизор принимает только одну программу на первом канале, хотя в инструкции сказано, что он обеспечивает прием «в любом из пяти каналов».

Для того чтобы разобраться в этом вопросе, вспомним прежде всего, что такое несущая частота: это частота колебаний, генерируемых передатчиком радиостанции и излучаемых им при отсутствии модуляции. Несущая частота получила свое название потому, что она как бы «несет» на себе более низкие модулирующие частоты. При модуляции передатчик излучает, кроме несущей частоты, еще дополнительные более высокие и более низкие частоты, численно равные сумме и разности несущей и модулирующей частот. Например, если несущая частота равна 100 *кгц*, а модулирующая — 5 *кгц*, то передатчик кроме несущей частоты 100 *кгц* будет излучать частоты 105 и 95 *кгц*.

Радиовещательные передатчики всегда характеризуются присвоенной им несущей частотой, или длиной волны.

Телевизионные передачи производятся двумя передатчиками: изображений и звукового сопровождения, поэтому у телевизионной передачи в целом есть две несущие частоты: изображений и звука. Например, несущая частота первой Московской телевизионной программы равна 49,75 *Мгц*, а передатчика звукового сопровождения — 56,25 *Мгц*. Поэтому в телевизионном вещании принято характеризовать передачи не несущими частотами, а номером ка-

[1] По разным источникам.

нала, т. е. той полосы частот, которую занимает передача своими несущими и модулирующими частотами. Канал — это определенная полоса частот, необходимая для того, чтобы передать телевизионную программу, не мешая другим и не испытывая помех от других программ. Первый телевизионный канал охватывает частоты от 48,5 до 56,5 *Мгц*, т. е. занимает полосу частот в 8 *Мгц*.

Таким образом, если мы имеем телевизор, рассчитанный на прием пяти каналов, то это прежде всего означает, что телевизор имеет переключение на пять телевизионных каналов и может принимать телевизионные станции, работающие на этих пяти каналах, если расстояние от места приема до передающей станции позволяет принять её передачи.

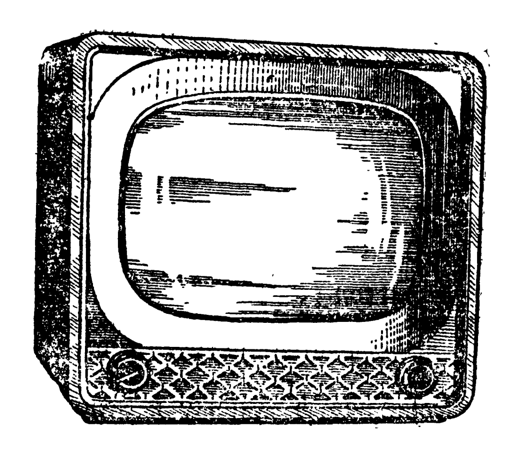
Поэтому наличие переключения на несколько каналов определяет потенциальные возможности телевизора, фактическая же возможность приема одного или нескольких передатчиков определяется местом установки телевизора. Если в данной местности можно принимать передачи только одного телецентра по условиям распространения ультракоротких волн, то, несмотря на возможность переключения на несколько каналов, регулярно принимать удастся только одну программу.

Теперь вернемся к новым телевизорам.

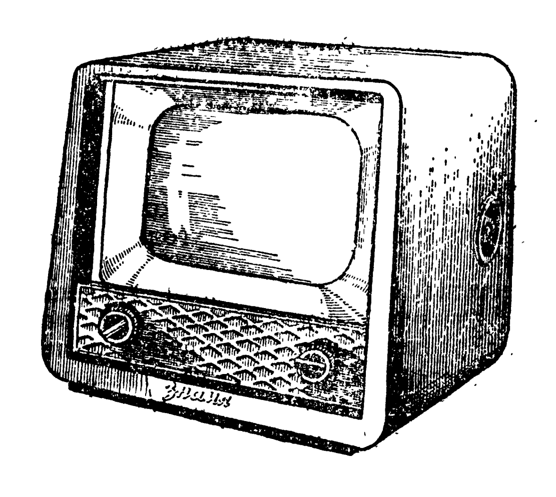
Все они, кроме приема телевизионных программ, позволяют вести прием вещательных станций с частотной модуляцией (ЧМ) в диапазоне от 64 до 73 *Мгц*. Переключая телевизор на прием ЧМ, мы отключаем телевизионную его часть и расходуем электрическую энергию только на звуковую часть. Но следует иметь в виду, что пока по две УКВ ЧМ станции работают в следующих городах: Москве, Ленинграде, Киеве, Минске, Риге, Свердловске, Таллине и Харькове. Строятся также радиостанции еще в ряде городов в осуществление решений XX съезда КПСС, предусмотревшего в Директивах по шестому пятилетнему плану широкое внедрение ультракоротковолнового радиовещания в Европейской части СССР. Возможность приема двух радиовещательных УКВ ЧМ программ на телевизор в ряде городов страны является дополнительным преимуществом современных телевизоров. УКВ ЧМ вещание не сопровождается помехами, присущими обычным, АМ передачам и вообще отличается высоким качеством звучания.

Рассмотрим теперь особенности каждого из новых телевизоров.

Мы сгруппируем их по размерам экранов. Электронно-лучевые трубки для новых телевизоров выпускаются с экранами трех размеров по диагонали: 35, 43 и 53 *см*.



Телевизор «Янтарь».

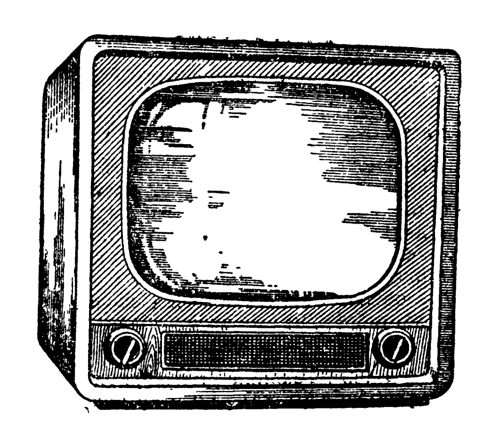


Телевизор «Знамя».

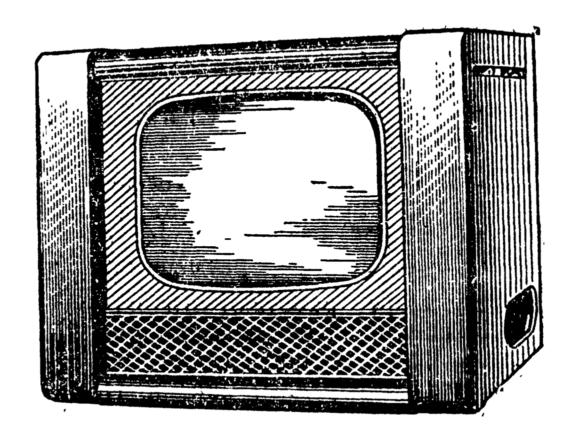
Наибольшие экраны имеют телевизоры, имеющие кинескопы типа 53 ЛК2Б (53 *см* по диагонали). Это телевизоры: «Мир», «Нева», «Янтарь» и «Темп-4».

«МИР» — единственный пока телевизор, имеющий консольное оформление и дистанционное управление.

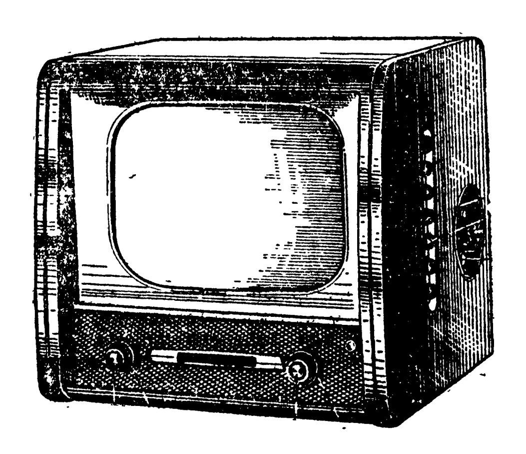
В нем 21 лампа и 10 полупроводниковых диодов. Размер экрана 33×44 *см*. «Мир» предназначен для больших помещений, где собирается много зрителей. В нем используется четыре громкоговорителя. В ящике телевизора помещается внутренняя антенна. Телевизор снабжен выносным пультом для дистанционного управления. На этом пульте, шнур которого позволяет относить его за 5 *м* от телевизора, находятся ручки регулировки яркости и громкости.



Телевизор «Рубин».



Телевизор «Рекорд».



Телевизор «Темп-3».

«ЯНТАРЬ» — девятнадцатиламповый телевизор с размером экрана 34×45 *см*. Он имеет два круглых громкоговорителя, расположенных на боковых стенках ящика. В ящике телевизора вмонтирована внутренняя антенна, позволяющая на небольшом расстоянии от телевизионного передатчика производить прием без наружной или комнатной антенны. Потребляемая мощность при телевидении 200 *вт*. Размеры 53×62×67 *см*. Вес 40 *кг*.

«НЕВА» — девятнадцатиламповый телевизор с размерами экрана 34×45 *см*. Имеет два громкоговорителя: один эллиптический, расположенный в нижней части передней стенки, другой — круглый, на боковой правой стенке. «Нева» экономичнее «Янтаря». Потребляемая им мощность при телевидении не превышает 170 *вт*. Размеры 60 × 56 × 49 *см*. Вес 48 *кг*.

«ТЕМП-4» — девятнадцатиламповый телевизор с размером экрана 33 × 45 *см*. Имеет переключение на 12 телевизионных каналов. Громкоговорителей два. Потребляемая мощность 165 *вт*. Размеры 59 × 54 × 53,5 *см*. Вес 40 *кг*.

Ко второй группе относятся телевизоры с кинескопами типа 43ЛК2Б (43 *см* по диагонали): «Знамя», «Рубин», «Темп-3».

«ЗНАМЯ». Размер экрана 25,5 × 34 *см*. Ламп — 15 (13 из них «пальчиковые») и пять полупроводниковых диодов. Громкоговорителей два (овальных). Один расположен на передней стенке ящика, а второй — на боковой. Имеет внутреннюю антенну. Телевизор исключительно экономичен. Он потребляет от сети всего 125 *вт*. Размеры 50 × 46 × 48 *см*. Вес 26 *кг*.

«РУБИН»—девятнадцатиламповый телевизор с размером экрана 27 × 36 *см*. По своей схеме и основным техническим параметрам он является телевизором повышенного класса. Имеет два эллиптических громкоговорителя, расположенных в нижней части передней стенки. Потребляемая мощность от сети 170 *вт*. Размеры 48,5 × 46,5 × 42,5 *см*. Вес 28,5 *кг*.

«ТЕМП-3» — девятнадцатиламповый, двенадцатиканальный телевизор с размером экрана 26 × 35 *см*. Имеет внутреннюю антенну. Громкоговорителей два. В этом телевизоре 13 полупроводниковых диодов, шесть из которых работают в общем выпрямителе. В нем предусмотрена возможность соединения с магнитофонами и магнитофонными приставками для записи и воспроизведения звука. Потребляет от сети 165 *вт*. Размеры 49,5×48×45 *см*. Вес 32 *кг*.

К телевизорам с наименьшим кинескопом 35ЛК2Б (35 *см* по диагонали) относятся «Рекорд» и «Старт».

«РЕКОРД» — шестнадцатиламповый телевизор с размером экрана 21 × 28 *см*. Имеет один громкоговоритель. Потребляемая мощность от сети 170 *вт*. Размеры 48,5 × 42,5 × × 43 *см*. Вес 24 *кг*.

«СТАРТ». Впервые в этом телевизоре применен печатный монтаж, благодаря чему при небольших габаритных размерах (38 × 41 × × 39 *см*) он имеет экран размером 21×28 *см*.

В телевизоре работают 18 пальчиковых ламп и 16 полупроводниковых диодов. Громкоговоритель один, эллиптический, помещается под экраном на передней панели. Потребляемая мощность от сети 150 *вт*. Вес 21 *кг*.

В заключение следует сказать еще о двух телевизорах: «Беларусь-3» и «Москва».

«БЕЛАРУСЬ-3» — комбинированный настольный телевизор, совмещенный с приемником и проигрывателем. Это так сказать телевизор-радиола. Он имеет размер экрана 21 × 28 *см*.

«МОСКВА» — проекционный телевизор, предназначенный для обслуживания больших групп зрителей в клубах, лекционных залах, школьных классах, домах отдыха и т. д.

Оптическая система, примененная в телевизоре «Москва», позволяет получить изображение площадью от 0,48 до 2,25 $м^2$ и обслужить аудиторию свыше 300 человек.

Освещенность проекционного экрана примерно такая же, как и в кинотеатрах, но благодаря направленному действию экрана телевизора «Москва» полного затемнения при просмотре передачи не требуется.

Акустическая система телевизора дает высококачественное объемное звучание, получающееся благодаря размещению пяти динамических громкоговорителей на всех четырех стенках ящика.

Проекционный телевизор потребляет мощность 265 *вт* при телевидении и 120 *вт* во время приема ЧМ вещания и проигрывания граммофонных пластинок.

Вес телевизора 65 *кг*, а выносного экрана размером 900 × 1 200 *мм* — 25 *кг*. Рабочее расстояние от телевизора до экрана 2,5 *м*.

Основными регулировками в телевизоре можно управлять дистанционно, с помощью дистанционного пульта, соединенного с приемником легким кабелем.

Таковы новинки отечественной радиопромышленности в области телевизионной аппаратуры.

ЛИТЕРАТУРА

Книги

К. Гладков, Телевидение, Детгиз, 1954.

В книге, отмеченной первой премией на конкурсе научно-популярной книги для детей, рассказывается о том, что такое телевидение, как оно зародилось, развивалось и достигло своего чудесного воплощения; как оно служит человеку сейчас и может служить ему в будущем, какие изменения вносит оно в жизнь и деятельность человека. Заключительная глава посвящена последним достижениям в этой области: большому экрану, цветному и объемному телевидению.

Г. И. Бялик, Техника телевизионных передач (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1954.

Изложение принципов телевизионного вещания. Описание схем и конструкций основных устройств передающей телевизионной станции.

А. Я. Клопов, Что такое телевидение, Издательство ДОСААФ, 1955.

Принципы осуществления передачи и приема изображений.

А. Я. Клопов, Техника телевидения (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1956.

Популярный рассказ о физических процессах, происходящих при передаче и приеме телевизионных изображений.

Г. П. Самойлов, Дальний прием телевизионных передач (Библиотека радиолюбителя), Связьиздат, 1956.

Книга содержит обширный материал, помогающий осуществлению дальнего приема телевидения: описание телевизионных антенн для дальнего приема, усилителей высокой частоты — приставок к телевизорам и т. д.

В. Ф. Анисимов, Дальний прием телевидения, Издательство ДОСААФ, 1956.

В книге изложены особенности распространения УКВ на расстояниях, превышающих прямую видимость. Приведены простейшие графики и формулы для расчета напряженности поля в месте приема; рассмотрены конструкции телевизионных антенн с большим усилением; освещены вопросы согласования антенно-фидерных устройств; даны конструкции входных устройств телевизионных приемников с повышенной чувствительностью и меньшим уровнем собственных шумов.

С. А. Ельяшкевич, Проверка ламп в телевизорах (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1956.

Даны краткие сведения в виде чертежей и таблиц для проверки ламп в 19 типах телевизионных приемников при различных нарушениях их работы и рассказывается о способах отыскания неисправной лампы.

П. В. Шмаков, Цветное и объемное телевидение, Связьиздат, 1955.

Брошюра содержит лекцию, в которой излагаются некоторые вопросы техники цветного, объемного и стереоцветного телевидения.

С. А. Ельяшкевич, Устранение неисправностей в телевизоре, издание второе, переработанное применительно к новым телевизорам (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1957.

Книга рассчитана на радиолюбителей и техников, осваивающих ремонт телевизоров и уже имеющих представления о принципах приема телевизионных сиг-

налов, синхронизации, антеннах. В ней рассказывается о блок-схемах телевизионных приемников и способах отыскания и устранения в них неисправностей. Приводятся сведения о необходимых измерительных приборах, проверке телевизора по испытательной таблице, о проверке и настройке основных блоков. Даются описание и принципиальные схемы телевизоров «Знамя», «Рекорд» и «Рубин».

С. В. Новаковский и В. Б. Ренард, Показывает Москва, Связьиздат, 1954.

В книге рассказывается о физических принципах, на которых основываются передача и прием телевидения; каковы дальнейшие возможности этой области техники.

С. П. Алексеев, Л. В. Кубаркин и А. А. Лосева, Как проводятся телевизионные передачи, Издательство «Знание», 1954.

В брошюре объединяются две лекции: «Техника телевизионных передач» и «Организация телевизионных передач».

Статьи

Р. Штромберг, Телевидение и его будущее «Радио», 1955, № 1.

Р. Штромберг, Телевидение в народном хозяйстве, «Радио», 1955, № 5.

З. Крейцер, Принципы цветного телевидения, «Радио», 1955, № 5.

К. Гладков, Радуга на экране, «Техника молодежи», 1955, № 7.

Л. Капчинский, Телевизионные антенны, «Радио», 1956, № 1 и 2.

С. Загик, Антенны для приема двух телевизионных программ, «Радио», 1956, № 4.

В. Ренард, По ту сторону телеэкрана, «Техника молодежи», 1954, № 7.

С. Новаковский и О. Писаржевский, Цвет на экране телевизора, «Радио», 1955, № 11.



ГЛАВА ЧЕТЫРНАДЦАТАЯ
ДОСТИЖЕНИЯ РАДИОТЕХНИКИ

ОТ ПЕРВОГО РАДИОПРИЕМНИКА ДО РАДИОЛОКАТОРА[1]

От первого в мире радиоприемника, изобретенного А. С. Поповым, радиотехника прошла огромный путь развития — от посылки и приема элементарных сигналов до радиовещания и телевидения, от грозоотметчика до радиолокации и управления на расстоянии.

Оглядываясь на всю короткую, но полную напряженных моментов историю развития радио, мы не можем не отметить той необычайной стремительности, с которой радио сумело проникнуть во все области человеческой жизни.

Радио исключительно многогранно.

Радиовещание — непревзойденное по своей доходчивости средство организации масс, могучий рычаг культуры. Радиотелефония безмерно увеличила эффективность радиосвязи. Телевидение во много раз увеличивает действенность радиовещания.

Радиосвязь осуществила самые пылкие, самые сказочные мечты, но она составляет в настоящее время только одну часть всей огромной области радио. Основные руководящие принципы и идеи радиотехники оказались необычайно действенными и для ряда других совершенно неожиданных областей.

Среди этих новых областей некоторые тесно примыкают к вопросам и задачам радиосвязи. Такова радионавигация, которая дает возможность кораблям и самолетам в тумане или ночью находить правильный курс, позволяет самолетам определять свою фактическую высоту над землей или совершать посадку вслепую.

Такова радиолокация — одно из новейших и важнейших направлений в области радио.

Радиолокация — это новое мощное средство военной техники, позволившее в значительной мере изменить тактику войны на море, в воздухе и частично на суше. Радиолокационная техника основана на отражении радиоволн от различных объектов, точнее на рассеивании радиоволн этими объектами. Благодаря этому рассеиванию радиоволн создано мощное средство обнаружения вражеских самолетов и кораблей и определения их местоположения. В мирных условиях радиолокация неоценимое средство вождения кораблей и самолетов.

Радиометоды широко применяются в проволочной связи, что позволило значительно удлинить линии и привело к громадной экономии проводов вследствие открывшейся возможности одновременной передачи по одному проводу, особенно по специальному кабелю, нескольких сообщений.

Существует много различных применений телевизионной аппаратуры: для ночного видения, для астрономических наблюдений солнечной короны. Физики применяют по сути дела радиометодику при исследовании атома, для устройства электронного микроскопа с необычайно большим увеличением.

Различные вакуумные и газоразрядные устройства, широко применяемые ныне в сильноточной электротехнике, первоначально были разработаны для питания мощных радиостанций.

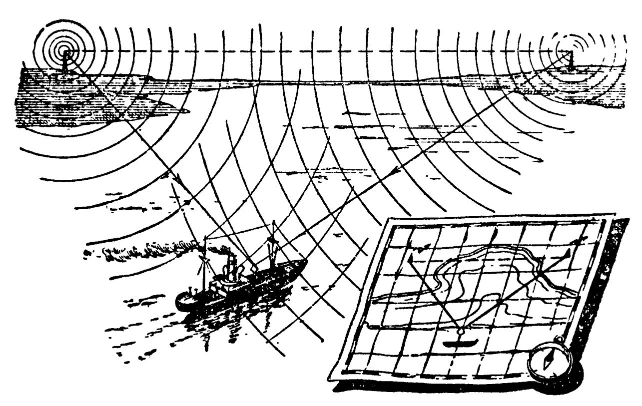
Сама радиосвязь за прошедшие годы развилась очень сильно.

Новые формы связи в радио редко приводят к уничтожению своих предшественников. Обычно они только вынуждают совершенствовать старые виды связи.

Так, появление радиотелефонии привело к необычайному увеличению скорости радиотелеграфирования.

Передачу по радио печатного текста, рисунков и рукописей с сохранением почерка — фоторадиотелеграфию — также можно расценивать как быстродействующий радиотелеграф.

---
[1] По разным источникам.



Пеленгуя две береговые радиостанции, корабль определяет свое местоположение.

За годы бурного развития радио по сути дела только два основных принципа остались неизменными: это принцип излучения электромагнитных волн и сам принцип электрических колебаний.

Крупнейшим этапом в развитии радиотехники явилось изобретение и практическое применение электронной лампы.

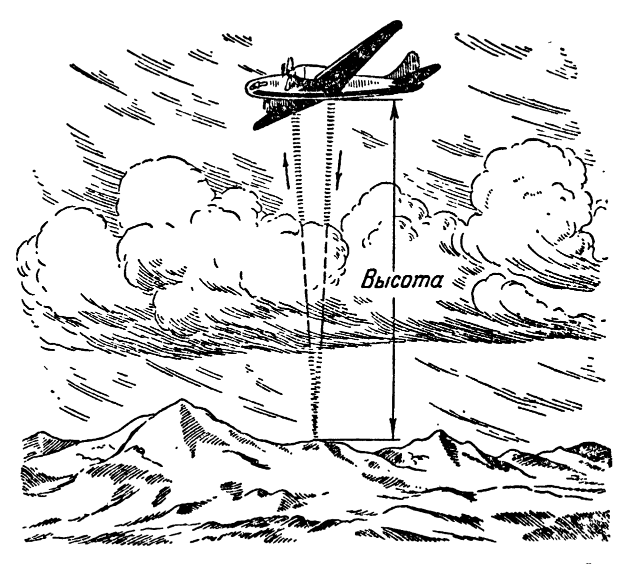
В 1915 г. электронная лампа уверенно выступила на мировую арену и в предельно короткий срок завоевала все руководящие позиции: она не только заставила забыть об искровых передатчиках, но и вытеснила гораздо более совершенные дуговые генераторы и машины высокой частоты, ибо электронная лампа дала возможность создать электронный генератор незатухающих колебаний. Препятствовавшие прогрессу радио затухающие колебания удалось, наконец, полностью сдать в архив.

Ламповый генератор является наиболее совершенным. Он одинаково устойчиво работает при любых мощностях, начиная от самых малых до многих десятков, а ныне и сотен киловатт; он может генерировать колебания от самых медленных до невероятно быстрых, в тысячи миллионов колебаний в секунду.

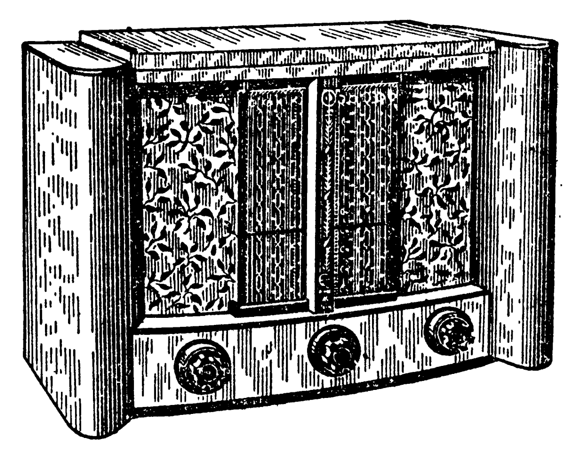
Первой областью радио, в которой применили электронную лампу, был радиоприемник. Появился тот изумительный прибор, который называется ламповым усилителем. В своем современном виде он способен усиливать сигналы в сотни тысяч и миллионы раз, не внося в них искажений. Усилитель сразу же сделал громче сигналы от существующих радиостанций и тем весьма сильно увеличил радиус их действия.

С этого момента радиоприемник, до тех пор очень мало прогрессировавший со времен Попова, совершил в своем качественном развитии громадный скачок.

Хороший современный радиоприемник—супергетеродин — надежен и прост в обращении.



Радиовысотомер измеряет высоту полета над землей.



Современный радиоприемник — супергетеродин — сгусток многолетнего труда физиков, техников и конструкторов.

Но под его внешней простотой скрыт исключительно сложный аппарат. Супергетеродин — сгусток многолетнего труда физиков, техников, конструкторов.

Часто задается вопрос: зачем при современных усилениях строить такие мощные передающие радиостанции? Нельзя ли просто в достаточной мере усиливать сигналы слабых станций?

Радиостанций на земном шаре такое множество, что радист оказывается в положении человека, разговаривающего в толпе: чтобы быть услышанным собеседником, он должен перекричать общий гул. Кроме того, включение и выключение и просто работа всяких электрических приборов создают дополнительные



Радиолюбители стали устанавливать на коротких волнах связь на большие расстояния и на ничтожных мощностях.

помехи, особенно в городах. Грозы присоединяют сюда атмосферные помехи, которые в свое время впервые наблюдал Попов. И, наконец, если даже все эти причины каким-либо способом устранить (на ультракоротких волнах это удается), все же остается шум от движения электронов в лампе и в проводах.

В сказках повествуется о человеке, слышавшем, как растет трава. Но это сказка, а вот быль современности. Современный радист может слышать даже, как двигаются электроны. Это прекрасно характеризует современные методы приема, но в то же время не позволяет беспредельно уменьшать мощность радиостанции, ибо шум электронов заглушает слишком слабый сигнал.

Изумительная чувствительность современных радиоприемников именно и сделала возможной современную радиолокацию, ибо иначе не удалось бы обнаруживать то необычайно слабое электромагнитное поле, те совершенно ничтожные мощности, которые после рассеяния от самолета или корабля доходят до радиолокатора. Современный радиолокационный приемник реагирует на волны, несущие энергию, равную энергии светового потока от лампочки карманного фонаря на расстоянии 60 *км* от нее. Более того, радиотехникам удалось «прозондировать» Луну радиолокационными методами и получить отражение радиосигналов от Луны. Этим доказано, что действительно очень короткие волны достаточно хорошо пронизывают ионосферу.

Второй переломный момент в истории радио определился переходом дальних радиосвязей с длинных волн на короткие, длиной в несколько десятков метров; это принесло с собой завоевание радиосвязью всего земного шара, возможность громадного увеличения числа действующих радиостанций и большую экономию их мощности.

Сразу же после первых применений изобретенной Поповым антенны радио вступило на путь все большего удлинения волны. Вначале это происходило автоматически, по свойствам радиоустройств того времени; потом удлинение волны стало производиться сознательно, поскольку это увеличивало дальность передач. В результате к началу двадцатых годов длина волны достигала почти 30 *км*.

В начале двадцатых годов началось бурное развитие радиолюбительства. Чтобы радиолюбительские станции не мешали, им был отведен диапазон коротких волн, признававшийся для серьезных целей непригодным. Но, работая в этом диапазоне, радиолюбители произвели своего рода массовый эксперимент над распространением коротких волн. И тут произошло событие, оказавшееся роковым для длинноволновых дальних радиосвязей: любители получили на своих коротких волнах совершенно неожиданно для всех, и для самих себя в том числе, радиосвязь через Атлантику и в довершение эффекта — на ничтожных мощностях.

Короткие волны с этого момента быстро становятся главнейшим средством дальних радиосвязей. Скоро выяснилось, что радиоволны способны опоясать весь земной шар и даже не один раз.

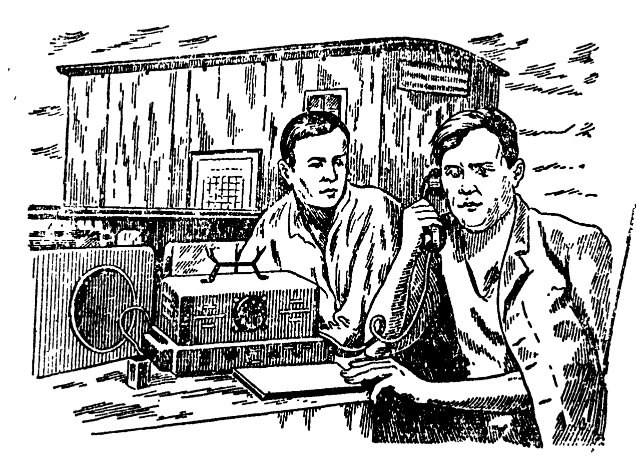
Длинным волнам нашлась, однако, другая область применения. Наименее длинные из них остались и по настоящее время в качестве радиовещательных. Применяются они и в качестве резерва при перерывах в коротковолновой радиосвязи, вызываемых время от времени капризами ионосферы.

Ионосфера — это верхние слои земной атмосферы, состоящие из наэлектризованных молекул воздуха. Ионосфера действует на радиоволны подобно зеркалу, благодаря которому можно при желании видеть, что делается за углом стены. Радиоволны направляются в своем движении ионосферой сверху и земной поверхностью — снизу.

Подобно этому наиболее короткие из применяемых ныне радиоволн — волны в несколько сантиметров длиной — очень часто заставляют распространяться внутри металлических труб, так называемых волноводов. И волны легко следуют по изгибам этих труб.

Состояние ионосферы определяется излучением солнца и меняется в течение суток, года и так называемого 11-летнего солнечного цикла. В зависимости от состояния ионосферы в сильной мере изменяются и условия распространения радиоволн.

Для правильной организации радиосвязи надо очень умело и тщательно выбирать длину рабочих радиоволн. Это стало возможным



Радио стало незаменимым средством связи организации и управления в работе тракторных бригад.

только после открытия способа непосредственного наблюдения за состоянием и строением ионосферы. Здесь применяется тот же метод, который лежит в основе современной радиолокации,— метод радиоотзвука или радиоэхо. По времени путешествия радиосигнала до ионосферы или самолета и обратно определяется расстояние до них. В случае ионосферы, кроме того, получается ценнейшее указание, отражается ли в данный момент волна данной длины или нет.

Сравнение ионосферы с зеркалом не произвольно: оно вытекает из тождества природы радиоволн и волн световых, из электромагнитной природы света. Конечно, различие в длинах волн влечет за собой и качественные изменения. Но все же растространение радиоволн нормируется законами оптики, надлежащим образом обобщенными. Может быть наиболее наглядно это проявляется на самых коротких из применяемых ныне волн, на волнах длиной в несколько метров, дециметров, сантиметров, объединяемых по нашему стандарту общим названием ультракоротких волн.

Однако оптика — далеко не единственная область физики, тесно связанная с вопросами радиотехники. В радио, может быть, полнее, чем в какой-либо другой технической дисциплине, физика и техника творчески сливаются в одно неразделимое гармоничное целое.

Это далеко не внешняя и не условная связь, это — жизненное условие развития. Радио — это синтез радиотехники и радиофизики.

Громадное значение имеет в вопросах радио электродинамика. Являясь основой теории безионосферного распространения радиоволн и антенных устройств, она приобрела особо большое значение в связи с развитием диапазона ультракоротких волн и поднятых в связи с этим вопросов об остронаправленных антеннах, волноводах, объемных резонаторах и многом другом.

Научная электроника, включая сюда электронную оптику, является основной базой расчетов современных электронных приборов.

Третий переломный момент в истории развития радио мы переживаем теперь. Это — возвращение на новой электронной основе к волнам первых радиопередач Попова и к волнам еще более коротким, которые раньше служили только чисто научным целям и казались полностью непригодными для техники.

Диапазон ультракоротких волн по своим свойствам и особенностям радикально отличен от диапазонов более длинных волн.

Лет двадцать назад один радиоспециалист, воспитанный на привычках длинноволновых диапазонов и впервые ознакомившийся с УКВ, воскликнул при этом: «Да ведь это совсем и не радио!».

Но УКВ — это, конечно, радио, но радио новое, вынуждающее ломать старые привычки.

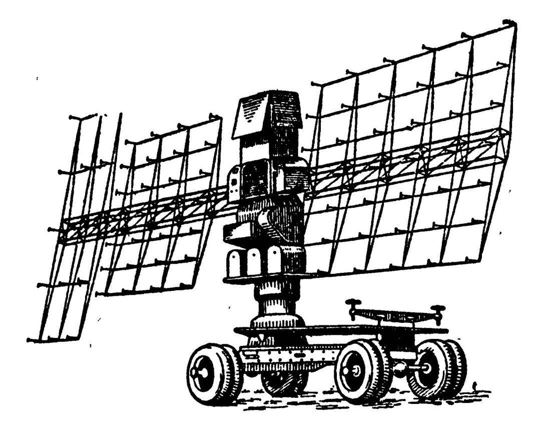
Диапазон УКВ необычайно емок, ибо, например, только в промежутке между волнами в 100 и 111 *см* можно разместить столько же не мешающих друг другу радиотелефонных станций, сколько их во всем диапазоне коротких волн с длинными на придачу.

В диапазоне УКВ стройно развиваются такие свойства и возможности, которые на других диапазонах осуществляются только частично. Например, здесь мы получаем полную возможность излучать радиоволны в нужном нам направлении. Этим мы прежде всего можем колоссально экономить мощность и работать на таких линиях с мощностями, которые показались бы на других диапазонах смехотворными. Но, главное, мы этим получаем прекрасное средство для радионавигационных и радиолокационных целей.

Таковы основные этапы развития радиотехники за шестьдесят с лишним лет ее истории.

Радиотехника уже давно переросла рамки своего основного применения — радиосвязи, радиовещания и телевидения. Ведь даже использование атомной энергии стало в значительной мере возможным благодаря применению радиотехнических методов в физике.

Развитие радио вызвало в свою очередь исключительный рост электровакуумной техники, а достижения последней дали возможность радиотехнике шагать дальше семимильными шагами, осваивая все новые и новые диапазоны, вплоть до самых коротких, миллиметровых волн.



Антенна радиолокационной станции передвижного типа.

К середине нашего века радиотехническая электроника насчитывала уже около 10 тысяч различных типов радиоламп. По окончании второй мировой войны начался новый бурный подъем этой науки.

Радиотехника и электроника, развивавшиеся одновременно, подталкивавшие одна другую, за последнее десятилетие сливаются в одну, решающую дело технического прогресса науку — радиоэлектронику.

Достижения радиолокации общеизвестны. Достаточно сказать, что сегодня радиолокатор может «заметить» ночью на расстоянии в несколько километров качающуюся на морских волнах одинокую... консервную банку.

Радиоэлектроника помогла сделать новые открытия в одной из самых древних наук — астрономии. Она приподняла завесу атмосферы, вышла далеко за пределы земного шара.

Радиоастрономия пользуется мощными радиотелескопами, представляющими собой особые антенны-чаши диаметром в несколько десятков метров, связанные с очень чувствительными приемными устройствами.

Успехи радиоастрономии открывают новые пути к разрешению многих важных проблем астрономии, физики и космогонии. Благодаря радиоэлектронике астрономия уже смогла проникнуть в далекие галактики, обнаружить грандиозные космические катастрофы, например, столкновение двух галактик.

Радионавигация, идеи которой формулировал А. С. Попов, играет весьма значительную роль в современной технике.

В начале 30-х годов Л. И. Мандельштам в содружестве с Н. Д. Папалекси разработал радиометоды для определения расстояний.

Подобно световым маякам в радионавигации используются различные системы радиомаяков, которые не боятся ни темноты, ни тумана и помогают ориентироваться кораблям и самолетам на очень больших расстояниях.

Точность определения места в некоторых радионавигационных системах достигает величины порядка 1 *м*, даже нескольких десятков сантиметров. Это особенно важно для геодезистов и гидрографов при съемке местности, разведке ископаемых, при исследованиях морских и речных водоемов.

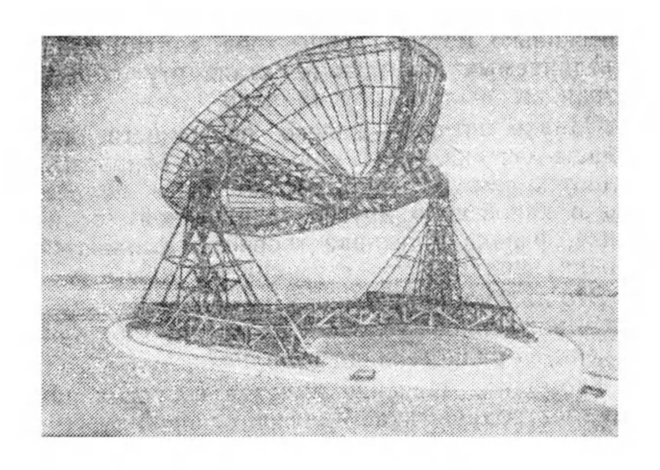
Быстро прогрессирует новая отрасль радиоэлектроники — радиометеорология.

На пустынных островах арктических морей работают ныне полностью автоматизированные радиометеорологические станции, которые аккуратно по нескольку раз в сутки передают на материк сведения о температуре и давлении воздуха, направлении и силе ветра. Круглый год несут свою вахту эти форпосты метеорологической службы страны. Только раз в год посещает их техник; он заводит и проверяет часы, производит общий осмотр аппаратуры и аккумуляторов, заряжающихся от ветроэлектродвигателя, и вновь на долгие месяцы покидает станцию-автомат, уверенный в том, что приборы будут исправно нести свою службу.

В высокие слои атмосферы поднимаются созданные советскими учеными радиозонды, оттуда они передают четким скупым языком радиосигналов сведения о метеорологической обстановке.

Передатчик современного радиозонда умещается в спичечной коробке, а сигналы его слышны на 100 *км*.

На помощь метеорологам пришла и радиолокация. Она позволяет измерять скорость и



Радиотелескоп с диаметром зеркала 76 *м*.

направление ветра на разных высотах по радиосигналам, отраженным от специальных антенн, подвешанных к шарам-пилотам. Радиолокаторы помогают следить за облаками и осадками, обнаруживать и определять интенсивность грозовых разрядов.

Радиометеорология настолько далеко шагнула вперед, стала располагать таким громадным количеством данных, что еще совсем недавно человек оказывался в затруднительном положении: не хватало времени на обработку этого цифрового материала. В самом деле, какой смысл может иметь прогноз погоды на ближайшие десять дней, если для его составления требуются двухнедельные математические вычисления?

Но и здесь на помощь человеку пришла радиоэлектроника. Созданы электронные математические машины.

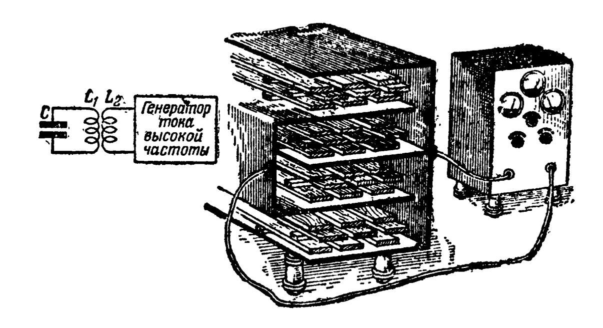
Современная электронная вычислительная машина производит до 50—100 тысяч сложных математических операций в секунду с точностью до шестого-восьмого десятичного знака.

Создаются разнообразные специализированные математические машины. Одни решают только дифференциальные уравнения, другие занимаются бухгалтерскими балансами, третьи обрабатывают статистические сведения. Есть и машины-переводчики. Они, правда, не блещут «литературными способностями», но делают дословный перевод с одного языка на другой.

К электронным вычислительным машинам относятся также и так называемые «управляющие» машины. Во время определенного производственного процесса они принимают показания измерительных приборов и по заданной программе не только делают необходимые вычисления, но и подают команды, основанные на этих вычислениях, механизмам, непосредственно ведущим производственный процесс.

Развитие радиотехники привело к широчайшему внедрению ряда усовершенствований в народное хозяйство. Возникли новые отрасли промышленного производства, коренным образом изменились многие технологические процессы.

Наглядным примером тому может служить высокочастотная закалка. Обычный метод закалки металлов — сильное нагревание с последующим быстрым охлаждением — не всегда достигает цели. Очень часто нужно закалить только поверхность детали, так, чтобы сердцевина оставалась вязкой, хорошо противостоящей толчкам и ударам. Обычным методом сделать это не удается.



Установка для сушки древесины.

Лауреат золотой медали имени А. С. Попова В. П. Вологдин вместе с рядом других советских ученых и инженеров предложил вести нагрев для закалки без огня, с помощью токов высокой частоты. Новый метод позволяет нагревать только поверхностные слои металла, оставляя сердцевину детали холодной. Высокочастотный нагрев стал теперь новым полезным процессом в металлопромышленности. Он удешевляет и ускоряет производство, оздоровляет условия труда, повышает прочность механизмов. Мощность высокочастотных установок в советской промышленности, применяемых для поверхностного нагрева, значительно превышает мощность всех наших радиостанций. По одному этому нетрудно судить о размахе нового метода.

С неменьшим успехом служат токи высокой частоты и для плавки металлов. Они позволяют вести процесс в условиях вакуума, гарантируют тем самым идеальную чистоту сплавов. Сто килограммов металла плавятся не более четверти часа.

С помощью токов высокой частоты производят сварку, вулканизируют автомобильные шины, сушат дерево.

Высокочастотный нагрев применяется и в производстве пластических масс. Существуют специальные высокочастотные «швейные машины». При обычном сшивании ниткой некоторые пластические пленки и ткани из искусственного волокна легко рвутся по шву, кроме того, шов нарушает герметичность. Эти пленки или ткани «сшивают» теперь между электродами, к которым подведен ток высокой частоты. При этом происходят местный разогрев и надежное склеивание тканей. Прочность полученного шва оказывается выше прочности самого материала.

Электромагнитными волнами уничтожают вредителей сельского хозяйства, обезвоживают для длительного хранения пищевые продукты, стерилизуют консервы.

Во многих областях промышленности и техники используются сверхчувствительные радиоприборы. Они производят точнейшую калибровку, сортируют изделия по величине и цвету, считают продукцию.

И в медицине существует теперь особая отрасль применения электромагнитных волн — радиотерапия. Здесь врачи успешно сотрудничают с радиоинженерами. Проникая в человеческий организм, электромагнитные волны нагревают его ткани. Особенно это заметно при использовании ультравысоких частот (УВЧ). Такие облучения дают хорошие результаты при лечении гнойных ран, различных воспалительных процессов, фурункулеза.

Огромные возможности открыл науке и особенно медицине электронный микроскоп. Оптический микроскоп существует три столетия. За это время он достиг возможности увеличивать исследуемые предметы в 1 500—2 000 раз. А электронный микроскоп дает увеличение в несколько десятков тысяч раз. И точно так же, как радиоастрономия приоткрывает человеку завесу вселенной, электронный микроскоп позволяет заглянуть в мир мельчайших микроорганизмов, рассмотреть отдельные молекулы.

Областей применения электронного микроскопа очень много, и не только в микробиологии и медицине, но и в физике, химии, металлургии...

Достижения современной автоматики и телемеханики в значительной мере обязаны радиоэлектронике. Электронные приборы стали зоркими часовыми у доменных печей и мартенов, они сигнализируют о малейших отклонениях в технологических процессах. Они заняли командные пункты у прокатных станов, управляют автоматизированными линиями станков и скоро будут главенствовать на полностью автоматизированных заводах.

Радиотелемеханика не только демонстрирует на всесоюзных соревнованиях остроумные, отлично выполненные модели управляемых по радио самолетов: в минувшей войне она обладала уже опытом беспилотного управления летающими снарядами. Со временем она охватит многие новые отрасли науки и техники.

Исключительное значение имеет применение радиотехнических методов для ядерных исследований и построения ускорителей заряженных частиц. В этой области огромный объем исследований проведен в Радиотехнической лаборатории АН СССР под руководством Героя Социалистического Труда, члена-корреспондента АН СССР А. Л. Минца. Эти исследования и разработки привели к созданию в Советском Союзе сверхмощного синхрофазотрона на 10 миллиардов электроно-вольт и проектированию синхрофазотрона на 50 миллиардов электроно-вольт.

В Главной астрономической обсерватории Академии наук в Пулкове под руководством проф. С. Э. Хайкина разработан и изготовлен радиотелескоп нового типа. В этом радиотелескопе увеличение площади рефлектора достигается более простыми средствами, чем обычно в больших радиотелескопах, а именно: применением отдельных отражающих элементов, расположенных один около другого у поверхности земли и механически не связанных между собой. Отражательные щиты устанавливаются по дуге большого радиуса. Такой метод позволяет получить очень большой горизонтальный размер отражателя радиотелескопа, т. е. очень сжатую в вертикальном направлении антенную диаграмму в виде ножа. Изготовление подобных плоских отражательных щитов 1,5 *м* в ширину и 3 *м* в высоту не представляет особых трудностей и может быть сделано с точностью, достаточной для применения такого радиотелескопа на сантиметровых волнах.

Пуск гигантского синхрофазотрона, в котором радиоэлектронная аппаратура занимает особое положение в комплексе его оборудования, и постройка крупнейшего в мире радиотелескопа на сантиметровые волны являются выдающимися событиями не только в советской, но и в мировой радиотехнике.

Подлинным триумфом советской науки и техники является запуск первых в мире искусственных спутников Земли.

В этом событии, открывшем новую эру в истории мировой науки, радиоэлектроника сыграла большую роль.

Радиолюбители своими наблюдениями за спутниками Земли еще раз доказали, какое значение имеет для науки и техники народная радиолаборатория энтузиастов, способная осуществить любой массовый радиотехнический опыт на огромных просторах нашей Родины.

* * *

Наша партия сосредоточила внимание всего советского народа на внедрении в народное хозяйство новой, совершенной техники. Всемерное повышение технического уровня производства является важнейшей задачей. Внедрению комплексной автоматики и телемеханики во все отрасли народного хозяйства, и в особенности в промышленность, энергетику, транспорт и связь, будет решительно способствовать дальнейшее развитие радиоэлектроники.

РАДИОЭЛЕКТРОНИКА — ДВИГАТЕЛЬ ПРОГРЕССА[1]

В Директивах XX съезда КПСС по шестому пятилетнему плану многократно указывается на необходимость широкого развития научно-исследовательских работ по радиотехнике и электронике, укрепления и улучшения работы нашей радиопромышленности, улучшения подготовки кадров и привлечения высших учебных заведений к научно-исследовательским работам.

В Директивах XX съезда КПСС выдвинуто множество задач в области радиоэлектроники.

Одной из важнейших народнохозяйственных задач, в разрешении которой почетное место отводится радиоэлектронике, является автоматизация производственных процессов с целью повышения производительности труда и облегчения тяжелой и часто вредной физической работы.

Здесь имеется широкая возможность приложения своих сил и знаний для теоретиков, физиков и экспериментаторов. Достаточно упомянуть о блестящих работах горьковской школы покойного академика Александра Александровича Андронова в области автоматического регулирования, завоевавших мировую известность. Эти работы следовало бы углубить и расширить с тем, чтобы сохранить ведущую роль советской науки в этой области.

Все большее внимание привлекает к себе полупроводники. В Директивах дано специальное указание о необходимости дальнейшего расширения научных работ по теории твердого тела, по теории электронных полупроводников, по увеличению выработки чистого германия и кремния, по широкому внедрению полупроводниковых приборов в радиотехнику и автоматику.

Надо подчеркнуть, что речь идет об освоении новой области науки и техники, открывающей громадные перспективы. В связи с этим следовало бы призвать наших ученых не жалеть сил и времени для разработки важнейших вопросов в этой области.

Следует также остановиться на некоторых совершенно новых областях радиоэлектроники, зародившихся совсем недавно и особенно быстро развивающихся.

Вряд ли в какой-нибудь отрасли знаний электроника принесла такую пользу человечеству, как в области математических машин. На протяжении столетий усилия ученых, изобретателей и конструкторов были направлены на повышение производительности физического труда, и это обеспечило тот гигантский технический прогресс, который характерен для последнего столетия. Однако использование возможностей, открываемых электроникой, привело к гораздо более важному результату. Открылась реальная перспектива повышения в невиданных масштабах производительности умственного труда. Речь идет, во-первых, об освобождении человека от изнурительной, однообразной и, можно сказать, чисто механической работы вычислителя и о возложении этой работы на машину.

Гораздо важнее, однако, то, что открылась возможность взяться за глубокое изучение процессов и явлений, скрытых от человека за броней сложнейших математических закономерностей. Непосильная для обычной вычислительной техники работа по решению множества дифференциальных или алгебраических уравнений оказалась по плечу новым электронным машинам вследствие их способности чрезвычайно быстро выполнять громоздкие вычисления с любой заданной степенью точности. Это сделало доступными для исследования многие сложнейшие явления аэродинамики, гидродинамики, теплопроводности, электромагнетизма, метеорологии, радиофизики. Но этого мало. Оказалось, что можно создать такие машины, которые хотя и менее точно, но практически мгновенно реагируют на внешние условия и благодаря этому способны непосредственно управлять процессами во время их течения. Эти так называемые моделирующие машины, или машины непрерывного действия, способны управлять ходом технологических процессов и химических реакций или, например, вырабатывать поправки к траектории управляемого снаряда во время его полета.

На первых порах казалось, что эти машины настолько сложны, что разработка и изготовление их посильны только высококвалифицированным предприятиям. Это остается справедливым для ряда типов специализированных или больших универсальных машин. Но в настоящее время теория электронных машин настолько продвинулась, а технология их производства в такой мере упростилась и стала обычной, что постройка лабораторной модели, способной облегчить вычислительную и исследовательскую работу любого института, вполне посильна для наших технических вузов, располагающих некоторой производственной базой. Во всяком случае такая машина не сложнее телевизионного передающего центра средней мощности, а такие устройства с успехом создаются в порядке радиолюбительского творчества в десятках городов Советского Союза.

[1] Из доклада А. И. Берга на открытии научной конференции Министерства высшего образования СССР по радиофизике и радиоэлектронике, «Радиотехника и электроника», 1956, № 6.

Вторая новая область радиоэлектроники, на которой следует остановиться,— это радиоастрономия.

Вероятно, следует начать с признания познавательной ценности достигнутых до настоящего времени результатов. В области строения Вселенной — космологии, а также в развитии и эволюции Вселенной — космогонии достигнутые за последние десять лет радиоастрономией результаты вполне соизмеримы с результатами, полученными оптической астрономией за последние сто лет. В некоторых областях, например в радиолокации дневных метеоров на метровых волнах и даже планет и в исследовании монохроматического излучения межзвездного водорода на волне в 21 *см*, достижения радиоастрономии превзошли все ожидания.

Следует также упомянуть о том, что современная оптическая астрономия широко пользуется электронными методами и приборами. Только благодаря этим приборам оказалось возможным обеспечить высокую чувствительность и точность работы современных астрономических приборов.

Хочется также отметить другую особенность и существенное преимущество радиоастрономии. Речь идет об астрономической навигации самолетов и кораблей. Известно, что вдали от берегов и земных ориентиров самолеты и корабли пользуются для определения своего места как различными методами приборного счисления, так и методами радиотехники. Оба метода страдают тем серьезным недостатком, что ошибка в определении места нарастает пропорционально времени полета или плавания или пропорционально дистанции до соответствующего радиоориентира.

При наличии хорошей видимости днем можно пользоваться астрономическим методом обсервации по Солнцу или Луне. В течение сравнительно короткого времени суток можно определить свое место по ярким звездам. Самолеты, летающие высоко, располагают большими возможностями применения астрономических методов обсервации. Корабли, плавающие на поверхности моря и находящиеся длительное время в океане, вследствие менее благоприятных метеорологических условий могут пользоваться методами оптической астрономии в течение незначительной части суток. Радиоастрономические методы наблюдения Солнца и Луны, а со временем и некоторых радиозвезд могут повысить примерно вдвое время возможных наблюдений для определения своего места. При этом точность определения места кораблей в море будет хотя и ниже, чем при определении места оптическими приборами, все же вполне достаточной для целей безопасного мореплавания.

Задачи, поставленные Директивами XX съезда КПСС перед работниками науки, грандиозны. Участие большой армии ученых, работающих в университетах и высших технических учебных заведениях, в решении этих задач является залогом успеха.

Нам надо во что бы то ни стало расширить объем и углубить по содержанию научно-исследовательские работы, сосредоточив основные научные силы на важнейших фундаментальных исследованиях. Это — задача наших институтов, университетов, вузов.

Нам надо повысить производительность труда, технологическую культуру производства, специализировать заводы и обеспечить кооперацию заводов. Это — дело нашей промышленности и планирующих органов.

Настоящий прогресс будет обеспечен при дружеском взаимодействии науки и производства.

Недавно исполнилось 50 лет со дня смерти изобретателя радио А. С. Попова. Он прекрасно понимал значение взаимодействия науки и производства. А. С. Попов и его соратники увидали только первые результаты своей работы и не могли предвидеть огромного значения, которое приобретает начатое ими дело. На нашу долю выпало быть продолжателями их работы. Вряд ли существует более интересная, многосторонняя и всеобъемлющая наука, чем радиоэлектроника. Нашей самоотверженной работой в этой области мы наилучшим образом отдадим должное нашим предшественникам, изобретателям и зачинателям радиотехники и электроники.

ЛИТЕРАТУРА

Книги

А. И. Парфентьев, Звукозапись и ее применение, Издательство «Знание», 1953.

Лекция, прочитанная автором в лектории Всесоюзного общества по распространению политических и научных знаний.

И. С. Шкловский, Радиоастрономия, Гостехиздат, 1953.

Популярный очерк о новой науке — радиоастрономии, возникшей и бурно развивающейся в последние годы на базе достижений радиолокации.

П. О. Чечик, Радиотехника и электроника в астрономии (Массовая радиобиблиотека). Госэнергоиздат, 1953.

Описание радиотехнических методов и аппаратуры, применяемых при исследованиях в различных разделах астрономии: служба времени, изучение луны, метеоров, солнца и звезд.

Л. В. Смирнов, Радиовидение (Научно-популярная библиотека солдата и матроса), Воениздат, 1954.

Рассказ о самолетном панорамном радиолокаторе и его применении.

А. И. Парфентьев, Запись звука (Научно-популярная библиотека матроса и солдата), Воениздат, 1954.

Рассказывается, что такое запись звука и какие существуют методы звукозаписи, о применениях звукозаписи и ее возможностях в будущем.

С. Д. Клементьев, Управление машинами и механизмами на расстоянии (Научно-популярная библиотека солдата и матроса), Воениздат, 1954.

Книга знакомит с машинами-автоматами и механизмами, управляемыми на расстоянии. Рассматриваются дистанционное, телемеханическое управление и управление по радио кораблями, самолетами и ракетными снарядами.

Ф. Честнов, В мире радио, Воениздат, 1954.

Книга в популярной форме знакомит с новейшими достижениями радиотехники, радионавигацией, радиолокацией, телевидением, радиотелемеханикой и выдающимися советскими радиотехниками.

К. Н. Трофимов, Радиолокация и ее применение в народном хозяйстве, Издательство «Знание», 1954.

Лекция, прочитанная автором в лектории Всесоюзного общества по распространению политических и научных знаний.

В. И. Сифоров, Радио и его применение (Библиотека в помощь лектору), Госкультпросветиздат, 1954.

«Рассказать о том, как было создано и развивалось радио, изложить элементарные основы этой интереснейшей области науки и техники, ознакомить с многообразными путями ее использования — таковы задачи этой лекции».

А. И. Берг, Современная радиоэлектроника и перспективы ее развития (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1955.

Очерк современного состояния и перспектив развития основных областей радиоэлектроники.

Я. З. Перля, Как работает радиолокатор, Оборонгиз, 1955.

Популярно изложены принципы радиолокации, даны наглядные представления о физических явлениях, на которых они основаны, о природе радиоволн и законах их распространения, о способах направленного излучения. Рассказывается о работе радиолокационных станций, о разнообразных способах их использования.

Радиотехника и электроника и их техническое применение под редакцией академика А. И. Берга и профессора И. С. Джигита (Научно-популярная серия), Издательство Академии наук СССР, 1956.

Сборник статей, в которых сначала рассматриваются радиотехника и электроника как отрасли техники, затем говорится о применении радиоэлектроники в радиосвязи, радиовещании, радиолокации и радионавигации и в заключении — о применении методов радиоэлектроники в науке. технике и в производстве.

Я. Г. Вараксин, Радиоэлектроника в военном деле. «Советское радио», 1956.

По материалам. опубликованным в зарубежной печати, кратко и популярно рассказывается о применении радиолокационных, гидроакустических, пеленгаторных, телевизионных, радиоастрономических и других устройств для связи, управления оружием, навигации и решения других задач.

К. А. Траскин, Радиолокационная техника и ее применение, Воениздат, 1956.

Кратко изложены физические основы радиолокации, объяснены принципы работы типовых узлов радиолокационных станций, а также рассказано о применении радиолокационной техники в народном хозяйстве, науке и в военном деле.

Г. И. Бабат, Токи высокой частоты, Издательство «Знание», 1956.

В брошюре, излагающей содержание лекции автора в лектории Всесоюзного общества по распространению политических и научных знаний, рассматривается применение токов высокой частоты в промышленности и для научных исследований.

Г. И. Бабат, Ускорители, Издательство «Молодая гвардия», 1957.

Популярный и увлекательный рассказ об ускорителях заряженных частиц — важнейшем инструменте для исследования атомного ядра. В ускорителях нет сверхвысоких электрических напряжений. В вакуумных камерах этих ускорителей действуют электромагнитные вихри и высокочастотные электромагнитные поля. В книжке рассказывается о принципах ускорения частиц, о различных типах ускорителей и об устройстве самой большой установки — синхрофазотрона.

Статьи

Академик А. И. Берг, Задачи высшей школы в развитии радиоэлектроники, «Радиотехника и электроника», 1956, № 6.

Академик Б. А. Введенский, От грозоотметчика до радиолокатора, «Радио», 1946, № 1.

Проф. И. С. Джигит, Научные исследования в области радио, «Радио», 1957, № 5.

Э. Кренкель, «Говорит земля»... (К пятидесятилетию со дня смерти А. С. Попова), «Знамя», 1956, № 1.

З. Топурия, На службе народа, «Радио», 1957, № 6.

В. Котельников, Радио завтра. Три направления, «Радио», 1955, № 5.

Ю. Хлебцевич, Радиотелеуправляемые космические ракеты, «Радио», 1955, № 5.

В. Сифоров, Смелее смотреть в будущее, «Радио», 1955, № 5.

И. Кучеров, Радиоуправляемые ракеты, «Радио», 1955, № 8.

К. Трофимов, Радиолокация в народном хозяйстве, «Радио», 1955, № 2.

В. Мавродиади, Радиолюбители народному хозяйству, «Радио», 1955, № 8.

Ф. Майоров, Электронные вычислительные машины, «Радио», 1955, № 11.

Е. Седов, Время под микроскопом, «Знание — сила», 1955, № 7.

П. Гусенков, Применение электроники в медицине, «Радио», 1956, № 4.

В. Журавлев, Н. Гринь, Применение электроники в геологии, «Радио», 1956, № 5.

И. С. Джигит, Сегодня и завтра радиоэлектроники, «Наука и жизнь», 1956, № 11.

С. Ефимов, Волноводная связь, «Наука и жизнь», 1956, № 12.



СОДЕРЖАНИЕ

Глава десятая

СБОРКА РАДИОПРИЕМНИКА

Глава одиннадцатая

НАЛАЖИВАНИЕ РАДИОПРИЕМНИКА И УСТРАНЕНИЕ НЕИСПРАВНОСТЕЙ

Глава двенадцатая

УЛЬТРАКОРОТКИЕ ВОЛНЫ

Глава тринадцатая

ТЕЛЕВИДЕНИЕ

Глава четырнадцатая

ДОСТИЖЕНИЯ РАДИОТЕХНИКИ



Цена 14 р. 20 к.